



Universidad Latina

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Escuela de Ingeniería Mecánica y Electromecánica

Anteproyecto de graduación

Propuesta de remodelación de aires acondicionados e iluminación de los quirófanos y salas  
afín de la clínica oftalmológica CCSS

Autores:

José Andrés Quirós Alfaro

Ricardo Montero Herrera

01/10/2019



**UNIVERSIDAD LATINA  
DE COSTA RICA**

**TRIBUNAL EXAMINADOR**

Este proyecto titulado: Propuesta de remodelación de aires acondicionados e iluminación de los quirófanos y salas afín de la clínica oftalmológica CCSS, por el estudiante: José Andrés Quirós Alfaro, fue aprobada por el Tribunal Examinador de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Latina, Sede Heredia, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Electromecánica:

Ing. Andrés Gerardo Chaves Zamora

Tutor

Ing. Luis Andrés Brenes Oses

Lector

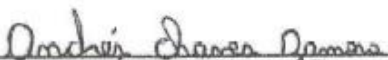
Ing. Oscar Jesús Delgado Jiménez

Representante

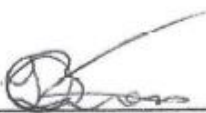


## TRIBUNAL EXAMINADOR

Este proyecto titulado: Propuesta de remodelación de aires acondicionados e iluminación de los quirófanos y salas afín de la clínica oftalmológica CCS, por el estudiante: Ricardo Montero Herrera, fue aprobada por el Tribunal Examinador de la carrera de Ingeniería Mecánica y Administración de la Universidad Latina, Sede Heredia, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Mecánica y Administración:

  
Ing. Andres Chaves Zamora

Tutor

  
Ing. Luis Andrés Brenes Oses

Lector

  
Ing. Óscar Jesús Delgado Jiménez  
Representante

Heredia, 4 de mayo de 2020

Sres.

Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: Propuesta de remodelación de aires acondicionados e iluminación de los quirófanos y salas de la clínica oftalmológica CCSS, elaborado por el estudiante José Andrés Quiros Alfaro puedan optar por Licenciatura en Ingeniería Electromecánica

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,



Ing. Andrés Gerardo Chaves Zamora

Tutor

Heredia, 4 May 2020

Sres.

Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

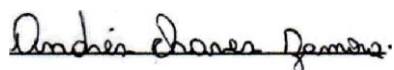
SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: Propuesta de remodelación de aires acondicionados e iluminación de los quirófanos y salas afines de la clínica oftalmológica CCSS, elaborado por los estudiantes Ricardo Alfonso Martínez Herrera puedan optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Mecánica y Administración

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,



Ing. Andrés Chaves Zamora

Tutor

Heredia, 4 de mayo de 2020

Sres.

Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

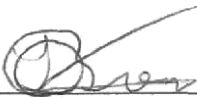
SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: Propuesta de remodelación de aires acondicionados e iluminación de los quirófanos y salas afines de la clínica oftalmológica CCSS, elaborado por el estudiante José Andrés Quiros Alfaro para optar por Licenciatura en Ingeniería Electromecánica

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,



\_\_\_\_\_

Ing. Luis Andrés Brenes Oses, MRT

Lector

Heredia, 4 May 2020

Sres.

Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: Propuesta de remodelación de aires acondicionados e iluminación de los quirófanos y salas de la clínica oftalmológica CCSS, elaborado por el estudiante Ricardo Montero Herrera para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Mecánica y Administración

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,



Ing. Luis Andrés Brenes Oses, MRT

Lector

## CARTA DE APROBACIÓN DEL FILÓLOGO

Cartago, 29 de abril de 2020

Los suscritos, Elena Redondo Camacho, mayor, casada, filóloga, cédula de identidad número 3 0447 0799 y Daniel González Monge, mayor, casado, filólogo, cédula de identidad número 1 1345 0416, vecinos de Quebradilla de Cartago, en calidad de filólogos revisamos y corregimos el trabajo final de graduación que se titula: *Propuesta de remodelación de aires acondicionados e iluminación de los quirófanos y salas afín de la clínica oftalmológica CCSS*, sustentado por José Andrés Quirós Alfaro y Ricardo Montero Herrera.

Hacemos constar que se corrigieron aspectos de forma, redacción, estilo y otros vicios del lenguaje que se pudieron trasladar al texto. La originalidad y la validez del contenido son responsabilidad exclusiva del autor y de sus asesores.

Esperamos que nuestra participación satisfaga los requerimientos de la Universidad.

**X Elena Redondo Camacho**

**Elena Redondo Camacho**  
**Filóloga - Carné Acfil n.º 0247**  
**Firmado por: ANA ELENA REDONDO CAMACHO (FIRMA)**

**X Daniel González Monge**

**Daniel González Monge**  
**Filólogo - Carné Acfil n.º 0245**  
**Firmado por: DANIEL ALBERTO GONZALEZ MONGE (FIRMA)**



## “Carta autorización del autor (es) para uso didáctico del Trabajo Final de Graduación”

Vigente a partir del 31 de Mayo de 2016, revisada el 24 de Abril de 2020

---

*Instrucción: Complete el formulario en PDF, imprima, firme, escanee y adjunte en la página correspondiente del Trabajo Final de Graduación.*

Yo (Nosotros):

Escriba Apellidos, Nombre del Autor(a). Para más de un autor separe con " ; "

Quirós Alfaro, José Andrés; Montero Herrera, Ricardo Alonso

De la Carrera / Programa: Ingeniería Electromecánica e Ingeniería Mecánica  
autor(es) del trabajo final de graduación titulado:

Propuesta de remodelación de aires acondicionados e iluminación de los quirófanos y salas afín de la Clínica Oftalmológica CCSS.

Autorizo (autorizamos) a la Universidad Latina de Costa Rica, para que exponga mi trabajo como medio didáctico en el Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI o Biblioteca), y con fines académicos permita a los usuarios su consulta y acceso mediante catálogos electrónicos, repositorios académicos nacionales o internacionales, página Web institucional, así como medios electrónicos en general, Internet, intranet, DVD, u otro formato conocido o por conocer; así como integrados en programas de cooperación bibliotecaria académicos, que permitan mostrar al mundo la producción académica de la Universidad a través de la visibilidad de su contenido.

De acuerdo a lo dispuesto en la Ley No. 6683 sobre derechos de autor y derechos conexos de Costa Rica, permita copiar, reproducir o transferir información del documento, conforme su uso educativo y debiendo citar en todo momento la fuente de información; únicamente podrá ser consultado, esto permitirá ampliar los conocimientos a las personas que hagan uso, siempre y cuando resguarden la completa información que allí se muestra, debiendo citar los datos bibliográficos de la obra en caso de usar información textual o paráfrasis de la misma.

La presente autorización se extiende el día (Día, fecha) 4 del mes mayo de año 2020 a las 18:00 . Asimismo doy fe de la veracidad de los datos incluidos en el documento y eximo a la Universidad de cualquier responsabilidad por su autoría o cualquier situación de perjuicio que se pudiera presentar.

Firma(s) de los autores

Según orden de mención al inicio de ésta carta:

## DEDICATORIA

Agradezco primero a Dios por darme la oportunidad de estudiar, guiarme a lo largo de mi carrera y darme la fortaleza para perseverar en los momentos más difíciles.

Le dedico esta tesis a mis padres, por creer en mí en todo momento, por el soporte y apoyo incondicional brindado a lo largo de mi carrera, siendo una fuente de inspiración para superar las diversas adversidades que se presentan en la vida. A ellos les agradezco por ser los cimientos de mi desarrollo y enseñarme a luchar por mis metas. Además, agradezco a mi familia y las personas que contribuyeron en la culminación de esta etapa en mi vida por estar ahí cuando más los necesité.

José Andrés Quirós Alfaro

## **DEDICATORIA**

Agradezco primero a Dios, por darme la oportunidad de estudiar y lograr metas que me propuse hace mucho tiempo cuando decidí lo que iba a estudiar, además de darme la perseverancia de tener una disciplina para lograr las metas.

Este trabajo se lo dedico a mi madre, que sabiamente me corrigió ante momentos de duda, también ante su visión de un futuro en el cual mi persona pueda lograr los éxitos y de darme las herramientas para conseguir mis metas en este tiempo, además de estar incondicionalmente a mi lado apoyándome.

Ricardo Montero Herrera

## **AGRADECIMIENTOS**

Son varias las personas que han contribuido en esta tesis, en primer lugar, queremos agradecer al Ing. David Jiménez Sánchez, ingeniero de la CCSS quien nos guio durante el proyecto. Además del personal de administración de la clínica y jefaturas de medicina, quienes nos brindaron el espacio, tiempo y accesos necesarios para llevar a cabo las investigaciones requeridas del lugar para el posterior diseño.

Agradecemos a nuestro tutor, por encaminarnos en la dirección a seguir para llevar a cabo las correcciones oportunas y mejorar el desarrollo de esta.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Capítulo I.....	1
1.1. Clínica oftalmológica CCSS.....	1
1.1.1. Visión y misión.....	1
1.1.2. Antecedentes históricos .....	1
1.1.3. Números de empleados .....	3
1.2. Objetivo general .....	7
1.3. Objetivos específicos.....	7
1.4. Justificación .....	7
Capítulo II .....	9
2.1. Marco teórico.....	9
2.2. Psicometría .....	24
2.2.1. Propiedades del aire .....	24
2.2.2. Carta Psicométrica .....	25
2.2.3. Cálculo Psicométrico.....	29
Capítulo III .....	35
3.1. Marco metodológico.....	35
3.1.1. Cálculo de carga térmica.....	35
3.1.2. Condiciones atmosféricas del recinto .....	60
3.1.3. Condiciones interiores actuales del edificio .....	60

	xii
3.1.4. Condiciones de diseño para el interior del recinto .....	67
3.1.5. Conducción y convección .....	68
3.1.6. Diseño eléctrico en iluminación.....	72
3.1.7. Ductos y extractores .....	94
3.1.8. Selección de difusores.....	112
3.1.9. Selección BMS.....	131
3.1.10. Chiller.....	138
3.2. Presupuesto .....	141
3.2.1. Cálculo de consumos.....	142
3.3. Equipo de trabajo .....	144
3.4. Cronograma .....	145
Capítulo IV. ....	146
4.1. Conclusiones.....	146
Bibliografía.....	147
Anexos.....	149

## ÍNDICE DE IMÁGENES

<i>Imagen 1</i> Condiciones de los equipos .....	10
<i>Imagen 2</i> Condiciones de los equipos .....	11
<i>Imagen 3</i> Condiciones de los equipos .....	11
<i>Imagen 4</i> Condiciones de los equipos .....	12
<i>Imagen 5</i> Condiciones de los equipos .....	13
<i>Imagen 6</i> Condiciones de los equipos .....	13
<i>Imagen 7</i> Condiciones de los equipos .....	14
<i>Imagen 8</i> Condiciones de los equipos .....	15
<i>Imagen 9</i> Condiciones de los equipos .....	15
<i>Imagen 10</i> Condiciones de los equipos .....	16
<i>Imagen 11</i> Condiciones de los equipos .....	17
<i>Imagen 12</i> Condiciones de los equipos .....	18
<i>Imagen 13</i> Condiciones de los equipos .....	18
<i>Imagen 14</i> Condiciones de los equipos .....	19
<i>Imagen 15</i> Condiciones de los equipos .....	20
<i>Imagen 16</i> Condiciones de los equipos .....	20
<i>Imagen 17</i> Condiciones de los equipos .....	21
<i>Imagen 18</i> Condiciones de los equipos .....	21
<i>Imagen 19</i> Condiciones de los equipos .....	22
<i>Imagen 20</i> Condiciones de los equipos .....	22
<i>Imagen 21</i> Condiciones de los equipos .....	23

<i>Imagen 22</i> Carta Psicrométrica.....	25
<i>Imagen 23</i> Líneas de bulbo seco .....	26
<i>Imagen 24</i> Líneas de bulbo húmedo.....	26
<i>Imagen 25</i> Líneas de punto de rocío.....	27
<i>Imagen 26</i> Humedad relativa.....	27
<i>Imagen 27</i> Humedad Absoluta .....	28
<i>Imagen 28</i> Entalpía.....	28
<i>Imagen 29</i> Volumen específico .....	29
<i>Imagen 30</i> Procesos del serpentín .....	30
<i>Imagen 31</i> Carta Psicrométrica.....	31
<i>Imagen 32</i> Histórico de temperaturas .....	60
<i>Imagen 33</i> Carta Psicrométrica.....	67
<i>Imagen 34</i> Costo del KWh .....	84
<i>Imagen 35</i> Iluminación anterior 1 .....	86
<i>Imagen 36</i> Iluminación anterior 2 .....	87
<i>Imagen 37</i> Luminaria 505 IP .....	87
<i>Imagen 38</i> Luminaria 505 LED.....	89
<i>Imagen 39</i> Luminaria 106 LED.....	90
<i>Imagen 40</i> Luminaria Emergencia E50.....	91
<i>Imagen 41</i> Dimensiones de Luminaria.....	92
<i>Imagen 42</i> Luminaria de salida .....	93
<i>Imagen 43</i> Facilidad de construcción .....	94
<i>Imagen 44</i> Poco peso.....	94



<i>Imagen 45 Limpieza</i> .....	95
<i>Imagen 46 Aislamiento</i> .....	95
<i>Imagen 47 Difusores 1</i> .....	113
<i>Imagen 48 Difusores 2</i> .....	114
<i>Imagen 49 Difusores 3</i> .....	114
<i>Imagen 50 Suministro</i> .....	115
<i>Imagen 51 Cortina de aire</i> .....	116
<i>Imagen 52 Área de la cama</i> .....	117
<i>Imagen 53 Ductería</i> .....	118
<i>Imagen 54 Difusores</i> .....	119
<i>Imagen 55 Difusores</i> .....	119
<i>Imagen 56 Flujo Laminar</i> .....	120
<i>Imagen 57 Difusores</i> .....	121
<i>Imagen 58 Difusores</i> .....	122
<i>Imagen 59 Difusores</i> .....	123
<i>Imagen 60 Sistema de ductos</i> .....	124
<i>Imagen 61 Vista superior ductos</i> .....	125
<i>Imagen 62 Difusores de flujo laminar</i> .....	126
<i>Imagen 63 Retorno</i> .....	127
<i>Imagen 64 Difusores</i> .....	127
<i>Imagen 65 Suministro 4 vías</i> .....	128
<i>Imagen 66 Zona de enfriamiento</i> .....	129
<i>Imagen 67 Vista superior ductos</i> .....	130

<i>Imagen 68</i> Detalle Damper hojas opuestas.....	130
<i>Imagen 69</i> Detalle soporte de tuberías refrigerante.....	131
<i>Imagen 70</i> Detalle conexión ducto flexible.....	131
<i>Imagen 71</i> Diagrama puntos de control en sistemas de aire acondicionado .....	133
<i>Imagen 72</i> Sistema BMS .....	134
<i>Imagen 73</i> Funcionamiento chiller.....	139
<i>Imagen 74</i> Plano tubería chiller.....	140
<i>Imagen 75</i> Presupuesto.....	142

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características comparativas de la Clínica Oftalmológica y de Oftalmología.....	3
Tabla 2 Personas localizadas en la zona de estudio .....	6
Tabla 3 Tabla de distribución de cargas 1 .....	77
Tabla 4 Tabla de distribución de cargas 2 .....	78
Tabla 5 .....	79
Tabla 6 Corriente total por fase.....	79
Tabla 7 Consumo de corriente.....	80
Tabla 8 Sistema de iluminación actual y las diferencias de consumo entre ambas configuraciones .....	80
Tabla 9.....	81
Tabla 10.....	82
Tabla 11 .....	83
Tabla 12.....	83
Tabla 13.....	83
Tabla 14.....	83
Tabla 15 Resumen de rendimiento.....	88
Tabla 16 Resumen de rendimiento.....	89
Tabla 17 Resumen de Rendimiento.....	90
Tabla 18 Especificaciones fotométricas luminaria emergencia .....	91
Tabla 19 Especificaciones eléctricas iluminaria emergencia .....	91
Tabla 20 Especificaciones Fotométricas Rótulo Salida E-30R.....	93

Tabla 21 Especificaciones eléctricas Rótulo Salida E-30R.....	93
Tabla 22 Diferencias de temperatura para cargas de enfriamiento (DTCE) para techos .....	149
Tabla 23 Diferencias de temperatura para cargas de enfriamiento (DTCE) para paredes .....	150
Tabla 24 Diferentes grupos de construcción para paredes .....	151
Tabla 25 Corrección del DTCE.....	152
Tabla 26 Ganancias de calor por radiación solar a través de vidrio .....	153
Tabla 27 Coeficiente de sombreado de vidrio .....	154
Tabla 28 Factor de carga de enfriamiento para vidrio sin sombreado.....	155
Tabla 29 Factor de carga de enfriamiento para vidrio con sombreado.....	155
Tabla 30 Ganancias de calor por ocupantes .....	156
Tabla 31 Coeficiente global U de transferencia de calor.....	157
Tabla 32 Continuación coeficiente global U de transferencia de calor .....	158
Tabla 33 Continuación coeficiente global U de transferencia de calor .....	159
Tabla 34 Porcentajes de área de ducto para mantener fricción constante .....	160
Tabla 35 Pérdidas por fricción en ductos redondos.....	161
Tabla 36 Diámetro y área equivalentes para ductos rectangulares.....	162
Tabla 37 Fricción en codos.....	163
Tabla 38 Parámetros de diseño en ventilación para los diversos recintos .....	164
Tabla 39 Continuación con los parámetros de ventilación.....	165
Tabla 40 Resistencia térmicas de materiales aislantes y de construcción .....	166
Tabla 41 Coeficiente global U de transferencia de calor para componentes de edificación ...	167
Tabla 42 Continuación de coeficiente global U de transferencia de calor para componentes de edificación .....	168

Tabla 43 Coeficiente global U para vidrio .....	169
Tabla 44 Condiciones exteriores de diseño .....	170
Tabla 45 Pérdidas por fricción para flujo de aire en ductos redondos .....	171
Tabla 46 Diámetros de ductos redondos equivalentes .....	172
Tabla 47 Velocidades sugeridas .....	172

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Ganancias de calor por conducción .....	68
Ecuación 2 Cálculo de factor de corrección .....	68
Ecuación 3 Corrección diferencial de conducción (vidrio) .....	69
Ecuación 4 Corrección diferencial de conducción (pared).....	69
Ecuación 5 Corrección diferencial de conducción (pared).....	70
Ecuación 6 Ganancias de calor por conducción .....	70
Ecuación 7 Ganancia de calor por radiación .....	71
Ecuación 8 Ganancia de calor por iluminación .....	71
Ecuación 9 Ganancia de calor por equipos.....	72
Ecuación 10 Ganancia de calor por ocupantes .....	72

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo se llevó a cabo en la clínica oftalmológica de la CCSS ubicada en la Uruca contiguo al Hospital México. La clínica comenzó a laborar a partir de 2004, desde entonces no ha tenido ningún tipo de cambio en los sistemas de refrigeración, los equipos actuales ya cumplieron su vida útil y no operan adecuadamente para lo que se necesitan.

La clínica ha tenido reuniones durante el año para la remodelación de los equipos actuales, además de un análisis de la infraestructura. Los ingenieros de la CCSS hicieron un análisis de los equipos actuales y recomiendan un cambio de tecnología en los sistemas de refrigeración, por ende, se designaron diferentes proyectos para la remodelación del edificio. Para formar parte del proyecto se acudió al Departamento de Ingeniería, el cual colaboró con los estudios térmicos y de iluminación de la clínica.

Es de suma importancia el reemplazo de estas tecnologías debido a la complejidad de los tratamientos y cirugías, los cuales deben hacerse con temperaturas y humedades que permitan cumplir con las condiciones adecuadas, según la norma para hospitales ASHRAE 170.

## RESUMEN

El presente informe de proyecto de graduación tiene como objetivo la evaluación de una propuesta para remodelar los sistemas de aire acondicionado en la clínica oftalmológica de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS), contemplando cálculos térmicos y diseño mecánico, eléctrico de los mismos, así como el diseño de iluminación. Para esto se trabajó en la remodelación y prediseño de los sistemas de refrigeración ubicados en el edificio de cirugía y salas afín.

En la actualidad, existen problemas con la refrigeración y se necesita de una mejora en la ventilación para tener control y mejor calidad de aire. Se sabe que la clínica trabaja con refrigerantes no ecológicos, los equipos consumen mucha energía, por ende, es necesario un proyecto que genere un menor consumo energético y brinde una mejor sensación térmica dentro del recinto, además, que cumpla con la normativa establecida para este tipo de aplicación. Por consiguiente, se llevaron a cabo estudios térmicos para decidir qué tipo de equipo es óptimo y cuánta refrigeración requiere cada área de trabajo. Asimismo, se hizo un diseño de iluminación que cumpla con la cantidad de lúmenes óptima para este tipo de aplicaciones.



## **CAPÍTULO I.**

### **1.1. Clínica oftalmológica CCSS**

#### **1.1.1. Visión y misión**

##### ***1.1.1.1. Visión***

Brindar servicios de alto nivel tecnológico y especializados en el tratamiento y curación de enfermedades oftalmológicas complejas, relacionadas con la retina y con vítreo, en las cuales se necesita equipo especializado y personal capacitado, con proyección de cobertura nacional, con un ambiente y con recursos motivados para ese fin.

##### ***1.1.1.2. Misión***

Proporcionar atención integral especializada en Oftalmología a la población, garantizando la oportunidad, eficiencia, eficacia y equidad, mediante la prestación de servicios de naturaleza asistencial, educación para el desarrollo de programas de formación, capacitación y educación de calidad de vida del individuo y de la familia a través del servicio que se le brinde.

#### **1.1.2. Antecedentes históricos**

En la sesión No. 7353, artículo 24 del 29 de junio de 1999, la Junta Directiva de la Caja acordó, en cumplimiento de la Ley No. 7765, designar a la Fundación Mundo de Luz como la organización beneficiaria encargada de la construcción y equipamiento de la clínica oftalmológica. La clínica inició labores desde el 29 de mayo del 2003 y depende jerárquicamente de la Dirección de Centros Especializados, de la gerencia médica. Proporciona los siguientes servicios:

- Cirugía oftalmológica de alta especialidad-complejidad.
- Apoyo a otros servicios de Oftalmología de la institución.
- Estudio de valoración de pacientes complejos de alto riesgo.
- Estudios especiales.

- Apoyo en manejo de lista de espera.

En 2007 la gerencia de la clínica recomendó a los miembros de la junta directiva, valorar:

- Reorganización de la red de servicios oftalmológicos.
- Conducción y liderazgo en el campo de salud ocular.
- Investigación y docencia.
- Relaciones de cooperación científica y tecnológica en el ambiente nacional e internacional.
- Promoción de pasantías por la clínica.
- Establecimiento del posgrado de subespecialidades oftalmológicas en la clínica oftalmológica, con énfasis en especialidades en retina y vítreo.
- Apoyo temporal a listas de espera.
- Ampliar la jornada a 24 horas al día, en forma escalonada.

Para fomentar la incorporación de los nuevos especialistas se instruyó al CECDEISSS (Centro de Desarrollo Estratégico e Información en Seguridad y Seguridad Social) para elaborar un programa de recurso humano en Oftalmología y contar a mediano plazo con el personal necesario para implantar un turno en la clínica oftalmológica. Según información proporcionada por la Dra. Marisela Salas Venegas, de la Clínica Oftalmológica, en el 2015 se atendieron 35477 usuarios y de estos operaron 3685 de patologías como:

- Catarata.
- Degeneración macular relacionada con la edad.
- Retinopatía diabética.
- Desprendimiento de retina.
- Glaucoma.
- Estrabismo.

- Queratocono.

En los pacientes operados se hicieron procedimientos como:

- Facoemulsificación.
- Vitrectomía.
- Endo láser.
- Pelamiento de membranas intraoculares.
- Aplicación de medicamentos intravítreos.
- Trasplante corneal.
- Colocación de anillos corneales.

### 1.1.3. Números de empleados

A continuación, algunas características comparativas de la Clínica Oftalmológica y de Oftalmología a nivel hospitalario y áreas de salud.

Tabla 1 *Características comparativas de la Clínica Oftalmológica y de Oftalmología*

Características	Clínica oftalmológica	Servicios de oftalmología a nivel hospitalario y a áreas de salud
Posición organizacional en la CCSS	Adscrita a la Dirección de Centros Especializados de la gerencia médica	Adscritas al hospital correspondiente de Red de Hospitales y Dirección Regional de Servicios de Salud y la Dirección de redes de servicios de salud.
Funciones	<p>Acuerdo de la Junta Directiva de la CCSS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reorganización de la red de servicios oftalmológicos.</li> <li>• Conducción y liderazgo en el campo de salud ocular.</li> <li>• Investigación y docencia.</li> <li>• Relaciones de cooperación científica y tecnología en el ámbito nacional e internacional.</li> <li>• Promoción de pasantías por la clínica.</li> <li>• Establecimiento del posgrado de</li> </ul>	<p>Detección y manejo de problemas oculares, según nivel de complejidad y docencia.</p> <p>Los centros formados de especialistas son los Hospitales México, San Juan de Dios, Nacional, Clínica Oftalmológica.</p>

Características	Clínica oftalmológica	Servicios de oftalmología a nivel hospitalario y a áreas de salud
	subespecialidades oftalmológicas, con énfasis en especialidades en retina y vítreo. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apoyar a listas de espera.</li> </ul>	
Presupuesto	Cuenta presupuesto anual excesivo para su desempeño.	Las necesidades de recursos deben incluirse en el presupuesto anual del hospital o área de salud a la que esté adscrito.
Organización Interna	La Dirección Médica tiene a cargo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Administración.</li> <li>• Jefatura de Enfermería.</li> <li>• Jefatura de Registros Médicos.</li> <li>• Jefatura de Consulta de Externa y Salas de Operaciones.</li> <li>• Coordinación de Banco de ojo.</li> </ul>	Los servicios de Oftalmología dependen directamente de la jefatura del Servicio de Cirugía de los hospitales; en caso de áreas de salud de la jefatura de consulta externa. En aquellos servicios que cuentan con optometrista o técnico oftalmológico, estos dependen de la jefatura del Servicio o de la jefatura de la consulta externa.
Población	Nacional	Población adscrita al hospital o al área de salud.
Procedencia de los pacientes	Servicios de Oftalmología de todo el país, de acuerdo con las directrices de referencia	De los médicos generales o especialistas del área de atracción.
Complejidad médica	Mediana-alta	Baja-mediana.
Infraestructura	Infraestructura propia e independiente de uso exclusivo de Oftalmología con 2400 m de construcción, con secciones de consulta externa, área de estudios especiales, administración, aula de enseñanza, proveeduría, comedor, salas de espera, quirófano menor, 12 consultorios oftalmológicos para especialistas, oficinas de jefatura, Banco de ojos, 6 salas de operaciones, área de recuperación, bodegas, archivos, estadística, admisión. No cuenta con internamiento.	
Equipamiento	Consulta externa con equipamiento completo de exploración. Estudio y procedimientos especiales: campos visuales, angiograma, tomógrafo computarizado, topógrafo corneal, ultrasonido ocular, biómetro de contacto y <i>scan, yang laser, laser</i> de argón. Sala de procedimientos menores. Sala de operaciones con equipamiento completo para todo tipo de cirugías, parpados, córnea. Microscopios de segmentación anterior y posterior, virectores anteriores y	De acuerdo con el nivel de complejidad de la atención.

Características	Clínica oftalmológica	Servicios de oftalmología a nivel hospitalario y a áreas de salud
	<p>posteriores. Instrumental adicional. Camillas de cirugía y recuperación, máquinas de anestesia con todos sus componentes. En recuperación, todo para el seguimiento como monitores de pared y portátiles, esfigmomanómetros.</p>	
Recursos Humanos	<p>Personal médico:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Especialistas en Oftalmología y subespecialistas en diversas ramas, en especial de retina, segmento anterior, cornea, glaucoma, oculoplástica, estrabismo.</li> <li>• Especialistas en anestesia, personal de enfermería:</li> <li>• Instrumentistas oftalmológicas.</li> <li>• Enfermeras de recuperación.</li> <li>• Auxiliar de enfermería.</li> <li>• Asistentes de sala de operaciones.</li> <li>• Circulantes de sala.</li> <li>• Camilleros.</li> <li>• Personal de enfermería de consultoría externa y administrativo.</li> </ul> <p>Personal Administrativo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Administración.</li> <li>• Apoyo secretarial.</li> <li>• Compras.</li> <li>• Almacenamiento.</li> <li>• Ropería.</li> <li>• Recursos Humanos.</li> <li>• Recepción.</li> <li>• Mantenimiento.</li> </ul> <p>Registro médicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jefatura.</li> <li>• Personal de estadística.</li> <li>• Registros.</li> <li>• Admisión.</li> <li>• Recepción de consulta y sala de operaciones.</li> </ul> <p>Servicios adicionales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vigilancia.</li> </ul>	<p>Personal médico:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oftalmólogos generales o subespecialistas en su mayoría en servicios de Oftalmología de hospitales nacionales o especializados como el Hospital de Niños.</li> <li>• Personal de enfermería y de poyo que depende de la jefatura de consulta externa o de sala de operaciones, no del servicio de Oftalmología.</li> </ul>

Características	Clínica oftalmológica	Servicios de oftalmología a nivel hospitalario y a áreas de salud
	• Aseo	

Fuente: elaboración propia.

Como se muestra en la Tabla 1, la clínica tiene bastante personal para atender las diferentes necesidades de los enfermos, sin embargo, para este proyecto se tendrá en cuenta las personas que estén localizados en la zona de estudio. El proyecto será en el Área de Cirugía y Área de Máquinas, en esta zona se maneja personal de aseo, personas enfermas, doctores, pacientes, entre otros. Esto se demuestra a continuación, en la Tabla 2:

Tabla 2 *Personas localizadas en la zona de estudio*

Lugar	Personal	Número de personas
Quirófano	Cirujano	1
	Anestesiólogo	1
	Circulante	1
	Auxiliar	1
	Residente o asistente	1 o más
	Paciente	1
	Instrumentista	1
cuarto de equipos	Enfermera	1
	Asistente	2
Recuperación	Enfermera	1
	Auxiliar	2
	Asistente de pacientes	1
	Pacientes	1 hasta 11
Preanestesia	Enfermera	1
	Auxiliar	2
	Asistente de pacientes	1
	Pacientes	1 hasta 5
En general,	Enfermera jefa	1
	Enfermera de u rpa	1
	Auxiliar de aseo	2
	Bodeguero	1

Fuente: elaboración propia.

## **1.2. Objetivo general**

- Proponer un diseño nuevo del sistema de refrigeración, además de un cambio en la iluminación de los diferentes recintos con el que se genere un diseño del mismo.

## **1.3. Objetivos específicos**

1. Llevar a cabo un estudio de cargas térmicas de los diferentes lugares, con el que se obtengan los valores de energía que deben eliminarse aplicando cálculos de enfriamiento.
2. Elaborar un nuevo diseño de iluminación, tomando en cuenta los estándares requeridos por la norma para el tipo de aplicación (hospitales), así como la obtención de un mejor consumo energético con los mismos niveles de iluminación.
3. Diseñar los nuevos difusores que permitan un suministro de aire flujo laminar.
4. Categorizar el nuevo sistema de refrigeración que cumpla con las necesidades y especificaciones requeridas por las normativas ASHRAE para aplicaciones hospitalarias.
5. Seleccionar los equipos más adecuados para la eliminación de la carga térmica y los niveles de humedad, empleando un sistema de filtrado con alta purificación de aire.
6. Diseñar un sistema de ductería para los nuevos equipos tomando en cuenta los lugares estratégicos para una mejor circulación de aire y un nivel de carga de aire balanceado.
7. Crear un presupuesto para nuevos equipos.

## **1.4. Justificación**

El presente proyecto es parte del plan de renovación de la clínica oftalmológica, los equipos actuales ya no hacen el trabajo requerido y no cumplen con los altos estándares de calidad para el bienestar del paciente en cuanto a riesgos bacteriológicos, según indica la normativa ASHRAE 170. Existen varias molestias del personal, quienes indican que laboran en condiciones no ideales, además, el refrigerante que se usa contamina al ambiente y debido a que

se tiene el compromiso de la carbono neutralidad se necesita un nuevo diseño más amigable con este. Otra de las razones del desarrollar el trabajo es que, tanto los pacientes como el personal a cargo puedan trabajar en condiciones de acuerdo con la normativa ASHRAE 170 para hospitales y clínicas.



## CAPÍTULO II.

### 2.1. Marco teórico

Para este proyecto de graduación se utilizarán diferentes medios de estudio, el trabajo o el estudio del diseño se hará con base en el libro Pita, ASHRAE 170, Hvacc Manual Design for clinics and Hospitals. Además del análisis de temperaturas previas dadas por el Instituto Meteorológico Nacional, pruebas hechas Equilsa y Confort clima e información adicional suministrada para el diseño y estudio de la clínica. Para el diseño y estudio de cargas térmicas se necesitan muchos cálculos solo para un recinto, por lo tanto, se recurrió al uso de memoria de cálculo en Microsoft Excel. También se toman datos de otros documentos, así como del Pita se utilizarán tablas en Microsoft Excel con el contenido y los datos de cargas térmicas. Por otra parte, se suministrarán las tablas y la información utilizada para escoger el diseño en conjunto con los parámetros tomados en cuenta. Cada cálculo estudiado y datos obtenidos seguirán la normativa internacional de refrigeración.

Para este proyecto se trabajará con un ingeniero que supervise cada de uno de los pasos, cada paso se regula para la entrega de un trabajo que cumpla con las normas de la CCSS. Al mismo tiempo, se trabajará con el material que maneja la clínica en mediciones de temperatura y humedad. El trabajo se llevará a cabo en la clínica, se harán pruebas y estudios sobre la infraestructura y los equipos usados, además, se cuenta con la ayuda de los técnicos de la clínica. Para este proyecto no se tienen los equipos de medición adecuados para obtener los datos para el estudio de cargas térmicas, por lo que la clínica brindó ayuda para hacer las mediciones correctamente. Ante la falta de equipos de medición también se pidió información de los registros de temperaturas de los últimos 10 años que se tienen registrados en la zona.

Los cálculos hechos los revisará un ingeniero cada 2 semanas, para hacer un control y mejoras en caso de fallas en el diseño. Del mismo modo, se hablará con las empresas que participen para pedir información técnica de los equipos modernos que mejor se adapten con los criterios de diseño. Para el proyecto se tomarán en cuenta las condiciones actuales de las instalaciones, después de varias visitas y hablar con un ingeniero se determinó que lo ideal sería hacer un análisis de módulo por módulo para un análisis completo de la maquinaria y determinar

cómo puede afectar a los quirófanos. Las conclusiones fueron las siguientes:

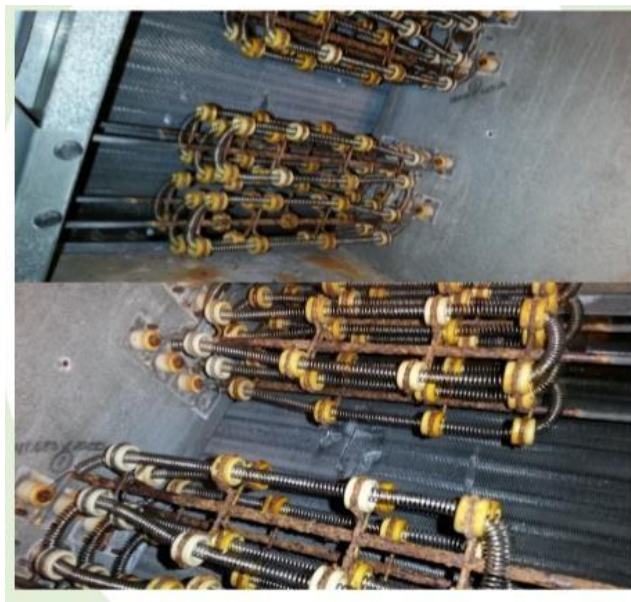
**Unidad: UMA-02 (OESTE).**

**Modelo: MCCB03.**

**Acondicionamiento: Sala 4 y 5.**

### **1. Serpentín.**

- Presenta un golpe en las aletas de aluminio.
- Presenta signos de corrosión.



*Imagen 1* Condiciones de los equipos

Fuente: elaboración propia.

### **2. Modelo de Ventilador.**

- La base del motor presenta corrosión.
- Los aisladores de vibración se encuentran muy deteriorados o no existen.
- El motor presenta un consumo adecuado. Las lecturas de amperaje se encuentran entre 6.5 A y 6.4 A.
- Las muñoneras presentan desgaste leve.

- Presenta un ruido fuerte y anormal.
- La turbina está muy deteriorada.



*Imagen 2* Condiciones de los equipos

Fuente: elaboración propia.



*Imagen 3* Condiciones de los equipos

Fuente: elaboración propia.

### **3. Recuperador de energía.**

- Falta el motor y la turbina del ventilador del suministro de aire fresco.
- El panel de cierre está muy deteriorado. Las manecillas están trasroscadas, el empaque está roto.
- El intercambiador de placas está bastante desgastado.



*Imagen 4* Condiciones de los equipos

Fuente: elaboración propia.

#### **4. Resistencia eléctrica.**

- La resistencia eléctrica presenta corrosión moderada.



*Imagen 5* Condiciones de los equipos

Fuente: elaboración propia.

## 5. Selección de filtros.

- El filtro HEPA aparece como primera etapa de filtro. Además, es de un tamaño menor que el requerido, por lo que quedan aperturas sobre y a los lados, lo que permite el paso del aire sin filtrar.
- El prefiltro y el filtro de bolsa están del filtro HEPA.

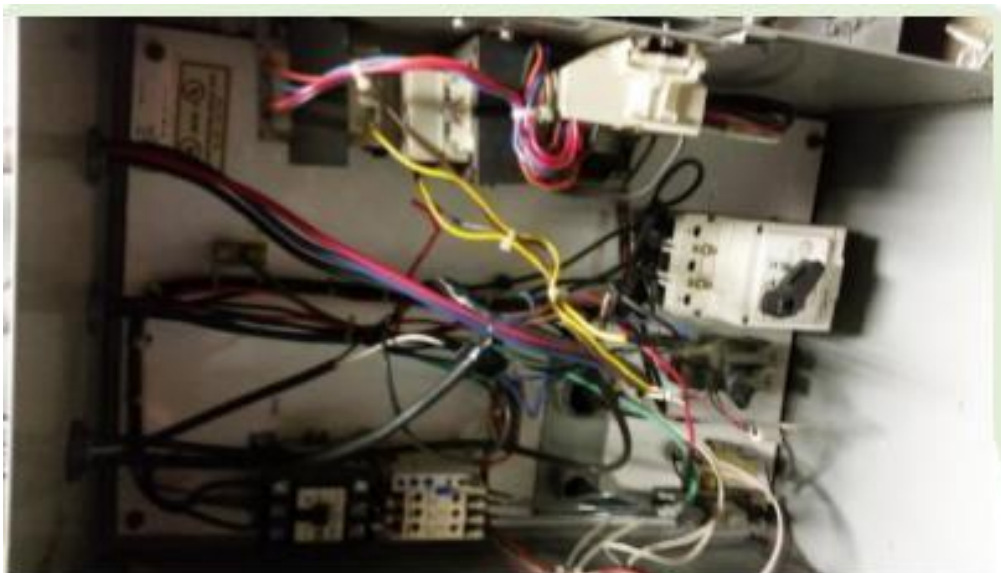


*Imagen 6* Condiciones de los equipos

Fuente: elaboración propia.

## 6. Panel de control.

- Las terminales eléctricas presentan corrosión leve.



*Imagen 7* Condiciones de los equipos

Fuente: elaboración propia.

**Unidad: UMA – 01 (sur).**

**Modelo: MCCB06.**

**Acondicionamiento: sala 1 y pasillo interno.**

**1. Serpentín.**

- Presenta signos de corrosión avanzada en la parte inferior del serpentín.
- Las aletas de aluminio en general se notan desgastadas.



*Imagen 8* Condiciones de los equipos

Fuente: elaboración propia.

## 2. Módulo del ventilador.

- La base del motor presenta corrosión leve.
- Los aisladores de vibración se encuentran moderadamente deteriorados.
- El motor presenta un consumo adecuado. Las lecturas de amperaje se encuentran entre 5.4 A Y 6.4 A, sin embargo, emite un ruido bastante fuerte y anormal.
- Las muñoneras presentan desgaste leve.
- La turbina se encuentra bastante deteriorada y sucia.



*Imagen 9* Condiciones de los equipos

Fuente: elaboración propia.

## 3. Recuperador de energía.

- Falta la turbina de suministro de aire fresco.
- El motor de aire de retorno está dañado.
- El panel de cierre está muy deteriorado: las manilletas están trastrocadas, el empaque está roto.
- El intercambiador de placas está bastante desgastado.



*Imagen 10* Condiciones de los equipos

Fuente: elaboración propia.

#### **4. Resistencia eléctrica.**

- Las resistencias eléctricas presentan corrosión moderada.





*Imagen 11* Condiciones de los equipos

Fuente: elaboración propia.

## 5. Selección de filtros.

- El filtro HEPA aparece como primera etapa de filtrado. Además, es de un tamaño menor que el requerido, por lo que quedan aperturas sobre y a los lados, lo que permite el paso del aire sin filtrar.
- El prefiltro y el filtro de bolsa están después del filtro HEPA.



*Imagen 12* Condiciones de los equipos

Fuente: elaboración propia.

## 6. Panel eléctrico.

- Las terminales eléctricas presentan corrosión moderada.



*Imagen 13* Condiciones de los equipos

Fuente: elaboración propia.

**Unidad:** UMA- 02B (este).

**Modelo:** MCCB03.

**ADICIONA:** sala 2 y 3.

## 1. Serpentín.

- Presenta signos de corrosión en la parte inferior y golpes ligeros.



*Imagen 14* Condiciones de los equipos

Fuente: elaboración propia.

## 2. Motor.

- La base del motor presenta corrosión leve.
- Los aisladores de vibración prestan deterioro moderado.
- El motor presenta un consumo adecuado. Las lecturas de amperaje entre 5.8 A y 6.5 A.
- Las muñoneras presentan desgaste leve.



*Imagen 15* Condiciones de los equipos

Fuente: elaboración propia.



*Imagen 16* Condiciones de los equipos

Fuente: elaboración propia.

### **3. Recuperador de energía.**

- El motor del ventilador de retorno está dañado.
- El panel de cierre está muy deteriorado. Las manilletas están trastrocadas, el empaque está roto.
- El intercambiador de placas está bastante desgastado.

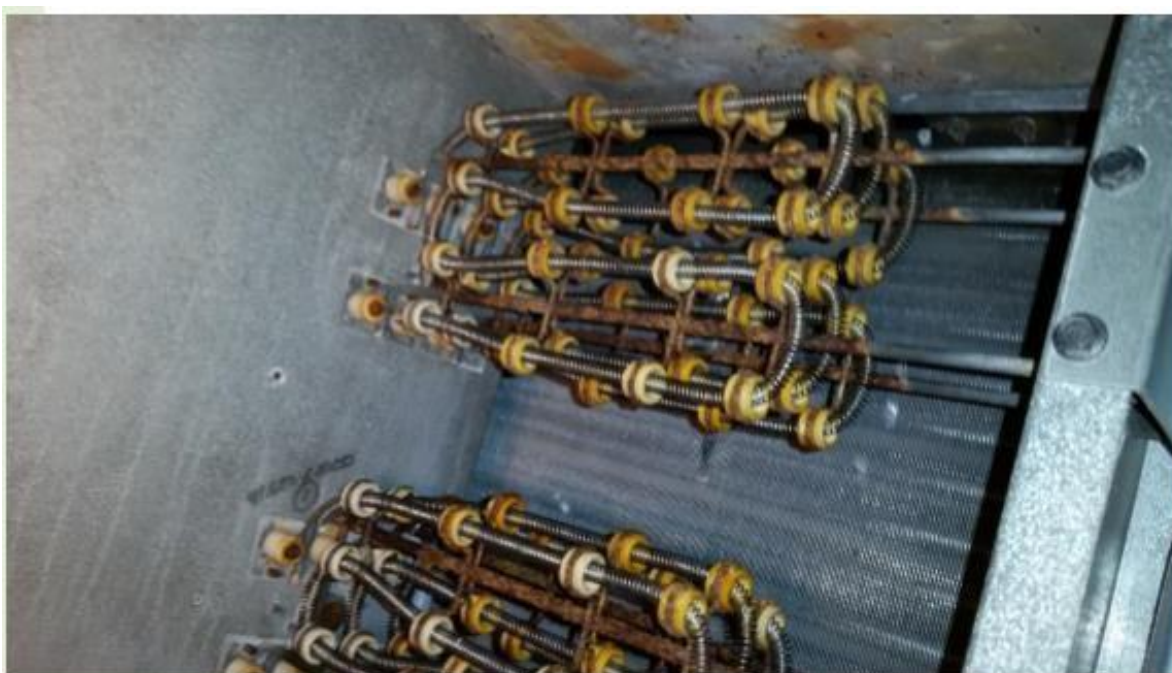


*Imagen 17* Condiciones de los equipos

Fuente: elaboración propia.

#### **4. Resistencias eléctricas.**

- Las resistencias eléctricas presentan corrosión considerable.



*Imagen 18* Condiciones de los equipos

Fuente: elaboración propia.

#### **5. Sección de filtros.**

- El filtro aparece como primera etapa de filtro. Además, es de un menor tamaño requerido, por lo que quedan aperturas sobre y a los lados, lo que permite el paso del

aire sin filtrar.

- El prefiltro y el filtro de bolsa están después del filtro HEP.
- Están dañadas las puertas de acceso.



*Imagen 19* Condiciones de los equipos

Fuente: elaboración propia.



*Imagen 20* Condiciones de los equipos

Fuente: elaboración propia.

## 6. Panel eléctrico.

- Las terminales eléctricas presentan corrosión moderada.



*Imagen 21* Condiciones de los equipos

Fuente: elaboración propia.

La empresa encargada de los equipos planteó una propuesta de intercambio de equipos por unos nuevos, sin embargo, estos requieren de un cambio total por un precio elevado. La administración en conjunto con el Departamento de Ingeniería se encuentran en el inicio de los nuevos planos para la actualización de la clínica. Este proyecto entra en el desarrollo de las instalaciones para la refrigeración de las nuevas salas que comenzarán a acondicionarse para el trabajo adecuado con las condiciones para los pacientes y personal de la clínica.

El trabajo se adapta a la idea de la administración de acondicionar las nuevas áreas, en la actualidad, los únicos lugares acondicionados son los quirófanos y el pasillo interno. La idea o meta del proyecto es abarcar todo el edificio de cirugía y mantener las condiciones adecuadas. Todas las condiciones de diseños se establecerán de acuerdo con las normas ASHRAE 170, además, se seguirán las reglas del libro de Edward G Pita. En este se hace un análisis de cargas térmicas, las cuales se derivan en el estudio hecho para analizar los diferentes ambientes y condiciones de trabajo con sus restricciones para determinar cuánto se necesita de energía para enfriar los distintos cuartos analizados.

Antes de describir los diferentes lugares de estudio se brindará un pequeño resumen en el que se explican distintos términos que se usarán a partir de este momento. Cuando se habla de refrigeración se tiene que entender el término de Psicometría, que es el estudio de las mezclas de aire y de vapor. La palabra *aire* se entenderá como la mezcla de aire y de vapor de agua que se encuentra en la atmósfera. Este aspecto es el más importante para el análisis del tema de

refrigeración, porque si no se tiene clara cada una de las propiedades se cometerán errores debido al desconocimiento de los factores que afectan al sistema.

## 2.2. Psicometría

### 2.2.1. Propiedades del aire

- Temperatura de bulbo seco (BS): es la temperatura del aire, tal como indica un termómetro.
- Temperatura de bulbo húmedo (BH): es la temperatura que indica un termómetro cuyo bulbo está envuelto en una mecha empapada en agua, el seno de aire en rápido movimiento. Se utiliza para medir el efecto de la humedad del aire por medio de un sensor humedecido que se expone al movimiento natural del aire.
- Temperatura del punto de rocío (PR): es la temperatura a la cual el vapor de agua en el aire se comienza a condensar si se enfría a presión constante.
- Relación de humedad (W): a la cual también se le llama humedad específica. Es el peso de vapor de agua por libra de aire seco, expresado en lb/lb de aire seco o en granos de agua por libra de aire seco.
- Humedad relativa (HR): es la relación de la presión real de presión de agua en el aire con la presión de vapor de agua si el aire estuviera saturada a la misma temperatura de bulbo seco.
- Volumen específico (V): es el volumen de aire por unidad de peso de aire seco.
- Entalpia específica (h): es el contenido de calor del aire por unidad de peso (Moreno Estrada, Obregón Centeno y Obando Luna, 2010, pp. 31-32).
- Calor sensible: “es cuando el calor agregado o eliminado de una sustancia provoca un cambio de estado” (Aire Acondicionado, s. f., s. p.).
- Calor latente: es cuando el calor agregado o eliminado de una sustancia provoca un cambio de estado (Aire Acondicionado, s. f., s. p.).
- Calor sensible: es la cantidad de calor BTU necesaria para cambiar la temperatura de 1 lb de la sustancia, a 1°F (1BTUF a 60 °F).

Al hablar de cambios de temperatura se debe tener en cuenta que el calor es energía que se agrega o se elimina de una sustancia o masa. Para lograr estos cambios de energía se tiene que hacer por medio de las siguientes formas:

- Convección: es la transferencia de calor que resulta del movimiento global de los gases o líquidos.
- Radiación: es la transferencia de calor que se presenta entre 2 cuerpos separados



como resultado de radiación electromagnética.

- Evaporación: es cuando la transpiración se evapora y se lleva el calor con él.
- Conducción: es la transferencia de calor a través de un cuerpo que no está en movimiento (sólidos) (Moreno Estrada, Obregón Centeno y Obando Luna, 2010, s. p.).

### 2.2.2. Carta Psicrométrica

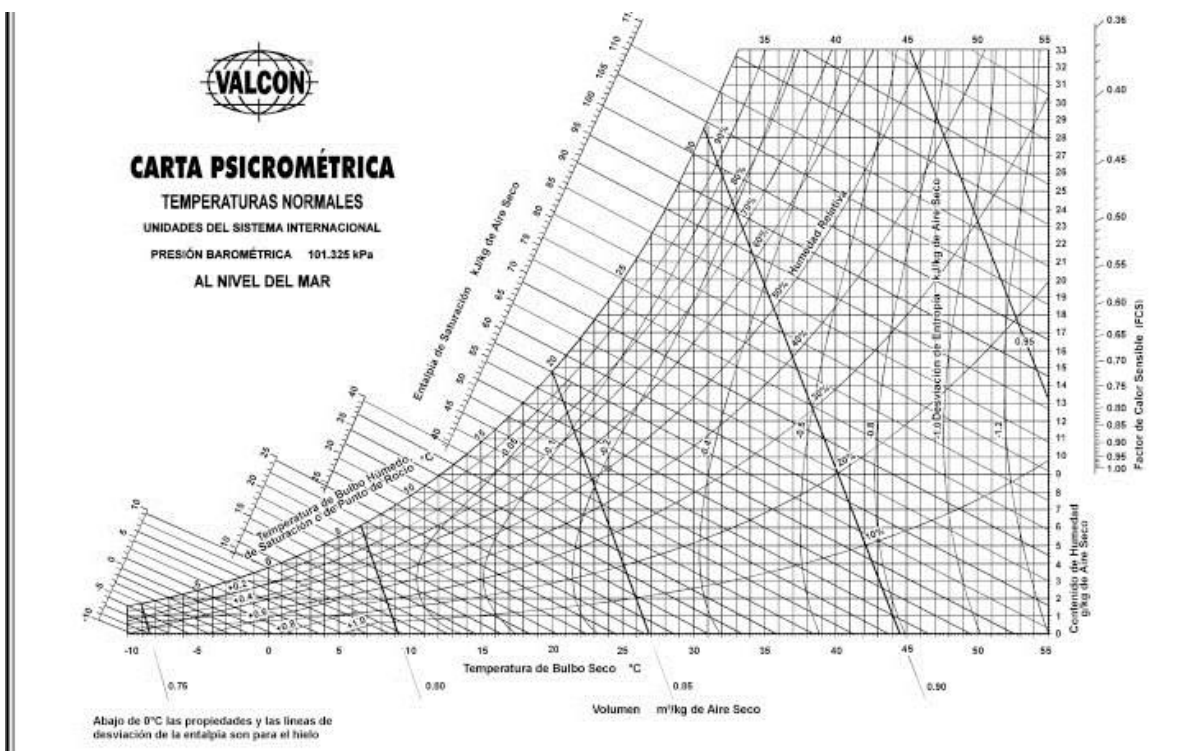
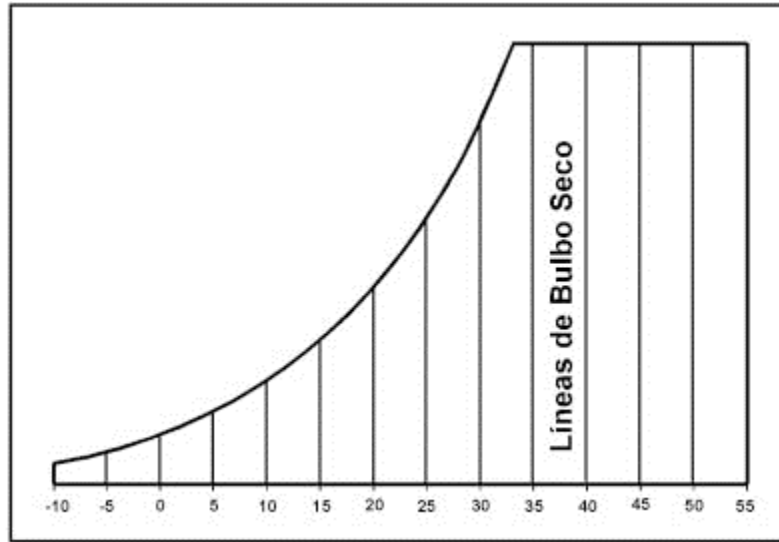


Imagen 22 Carta Psicrométrica

Fuente: Manual de Carrier.

La carta psicrométrica es una gráfica de las propiedades del aire como temperatura, humedad relativa, presión, etc. Se utiliza para describir las ilustraciones que se recopilaron a través de incontables experimentos de laboratorio y de cálculos matemáticos que son la base de las cartas. Estas pueden acomodarse a las condiciones de trabajo, ya sea por rango de altura o de temperatura y ayudan a mejorar el proceso de cálculos del aire, además, permiten obtener una gran cantidad de datos de manera fácil. Los datos que se obtienen son:

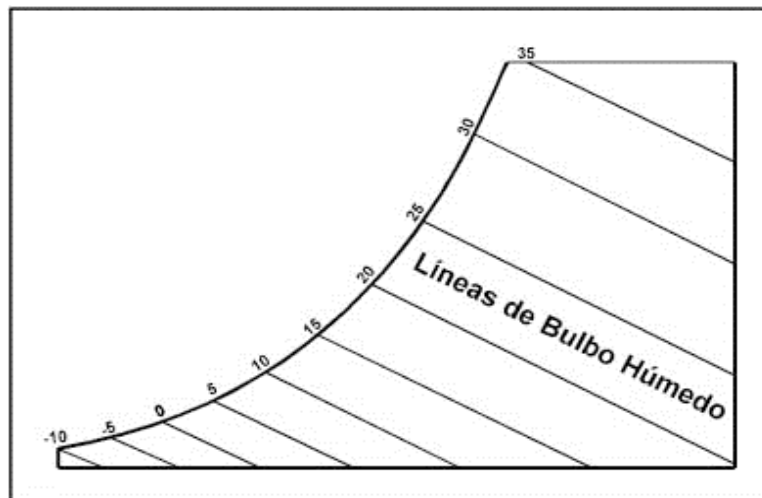
- Temperatura de bulbo seco.



*Imagen 23* Líneas de bulbo seco

Fuente: Edward Pita, 1994.

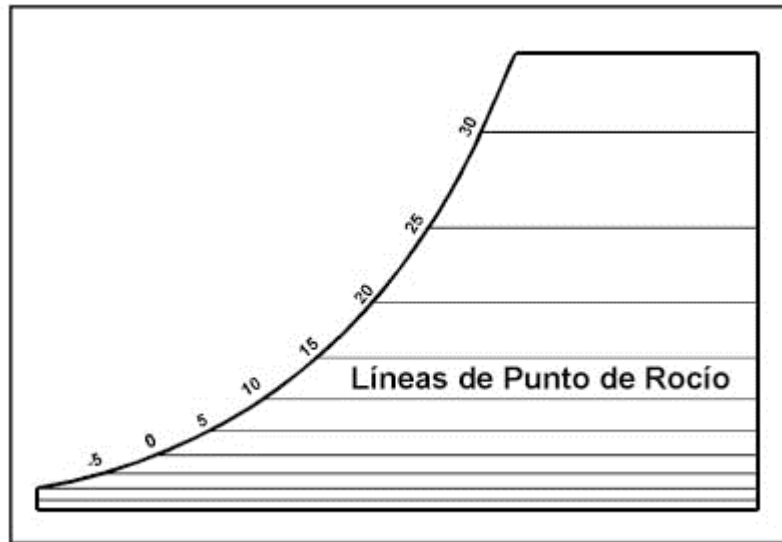
- Temperatura de bulbo húmedo.



*Imagen 24* Líneas de bulbo húmedo

Fuente: Edward Pita, 1994.

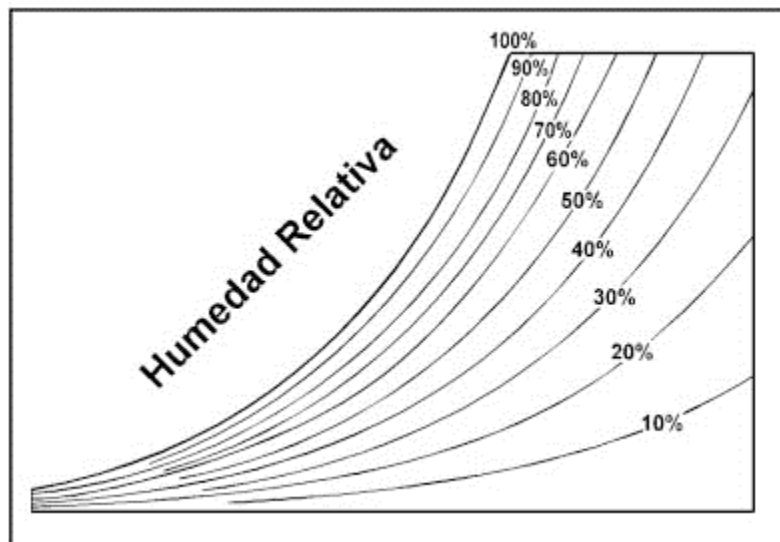
- Temperatura de punto de rocío.



*Imagen 25* Líneas de punto de rocío

Fuente: Edward Pita, 1994.

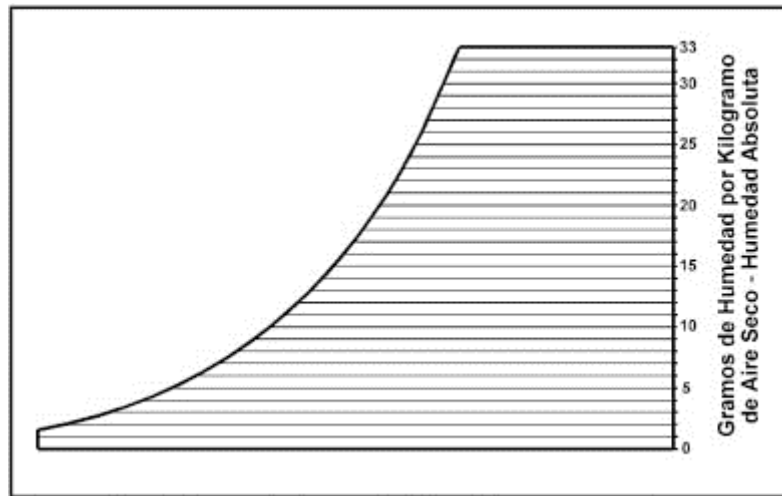
- Humedad relativa.



*Imagen 26* Humedad relativa

Fuente: Edward Pita, 1994.

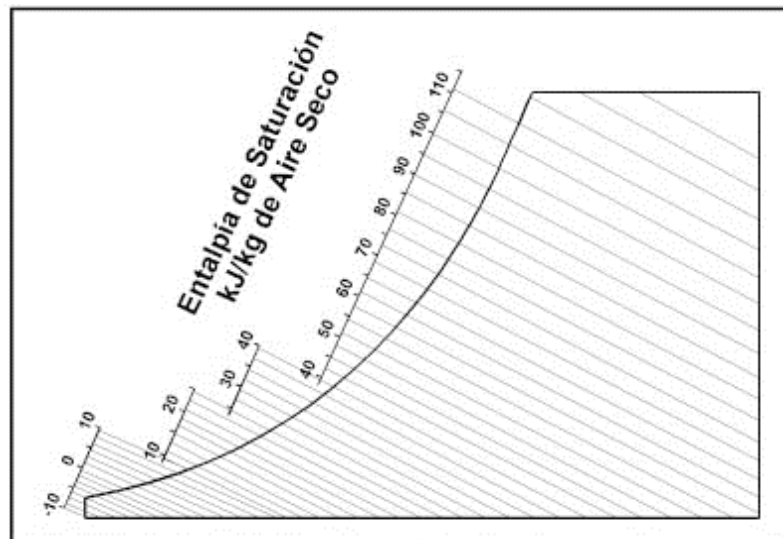
- Humedad absoluta.



*Imagen 27* Humedad Absoluta

Fuente: Edward Pita, 1994.

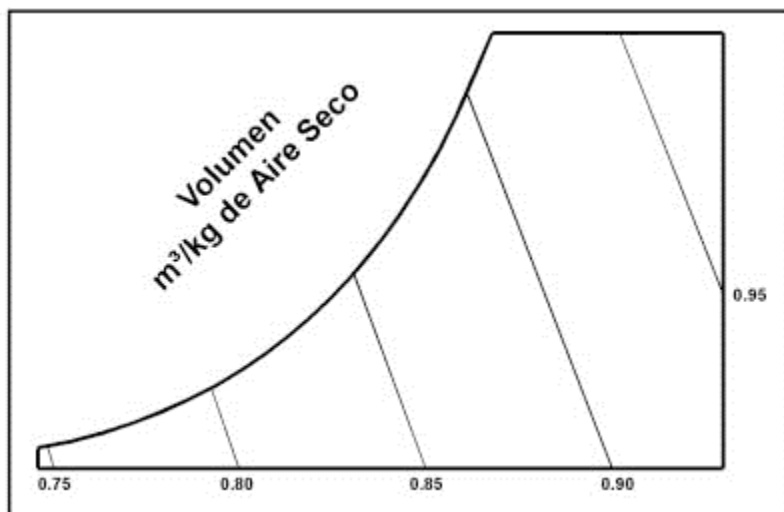
- Entalpía.



*Imagen 28* Entalpía

Fuente: Edward Pita, 1994.

- Volumen específico.



*Imagen 29* Volumen específico

Fuente: Edward Pita, 1994.

### 2.2.3. Cálculo Psicrométrico

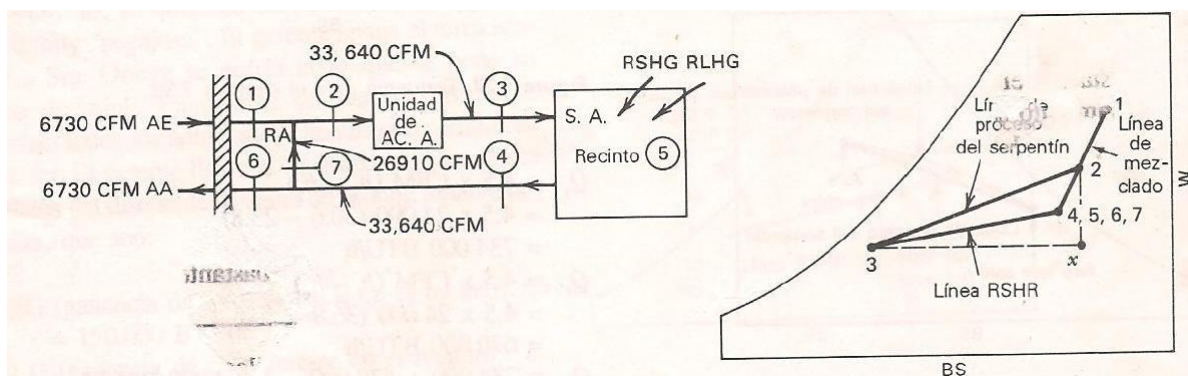
Al inicio del proyecto se tenía conocimiento del método de cálculo de carga térmica mediante las tablas y los estudios de ASHRAE. Estos se denotan con la gráfica de Microsoft Excel, las tablas contienen el estudio que se solía hacer para el estudio térmico de los recintos, los cuales se encuentran en los libros de Carrier y el Acondicionamiento de Aire Principios y Sistemas, además de material extra. El método de cálculo antiguo se explicará más adelante, pero de momento se detallará el método nuevo que aplica ASHRAE para el cálculo de carga térmica para cada uno de los recintos. Cabe destacar que para los diferentes lugares suelen cambiar de acuerdo con la necesidad de cada uno. Al principio se encontraron varios problemas para el cálculo de los CFM específico que se necesita con las condiciones ideales y las de diseño.

Para llevar a cabo los cálculos psicrométricos se necesitó del libro de Acondicionamiento de Aire, específicamente el capítulo siete en el que se explican los detalles de la psicometría en conjunto con la tabla usada para el estudio. Para esta parte también se usó material del Colegio de Ingenieros, en el cual se apoyó en varias facetas del proyecto. Para este proceso se presentarán las tablas psicrométricas con las gráficas del proceso del serpentín y la línea de enfriamiento del recinto formando una zona de diseño y zona de confort en la que deben trabajar los equipos

seleccionados de acuerdo con el estudio hecho.

Para continuar con el siguiente paso cabe destacar que los conceptos de diseño de cada uno de los lugares son diferentes de acuerdo con la aplicación o las condiciones que requiere el lugar de trabajo y las especificaciones del personal. Los primeros lugares en analizar fueron los quirófanos, que son los más críticos debido a que son las principales razones de este proyecto, ya que no cumplen su función. Se llevó a cabo un análisis previo para determinar las condiciones exteriores del lugar ubicado en Moravia de San José. A partir de esto se obtuvieron condiciones calientes durante el año, pero se tomó como pico de calor abril tanto para la temperatura y la humedad.

Para este proceso no se usó ningún libro de texto como los mencionados, sino que se utilizó el libro de Manual de Diseño de Aire Acondicionado para Hospitales y Clínicas. De este se tomaron en cuenta los datos de la tabla para el cálculo de los CFM para cada recinto con respecto a los cambios de aire y renovaciones de esta que van en función de la temperatura y la cantidad de aire suministrada. Además, para el proceso se llevó a cabo un análisis de mezclado de aire en el que se calculó cada parte del recorrido del aire dentro del ciclo de circulación del aire por todo el sistema. Lo anterior permitió averiguar la cantidad exacta para el trabajo del equipo y la recuperación de este. El estudio abarca los lugares del edificio, por lo que cuenta con varias gráficas con especificaciones diferentes, de aquí en adelante se iniciará con los quirófanos. La *Imagen 30* representa los procesos psicrométricos.



*Imagen 30* Procesos del serpentín

Fuente: Edward Pita, 1994.

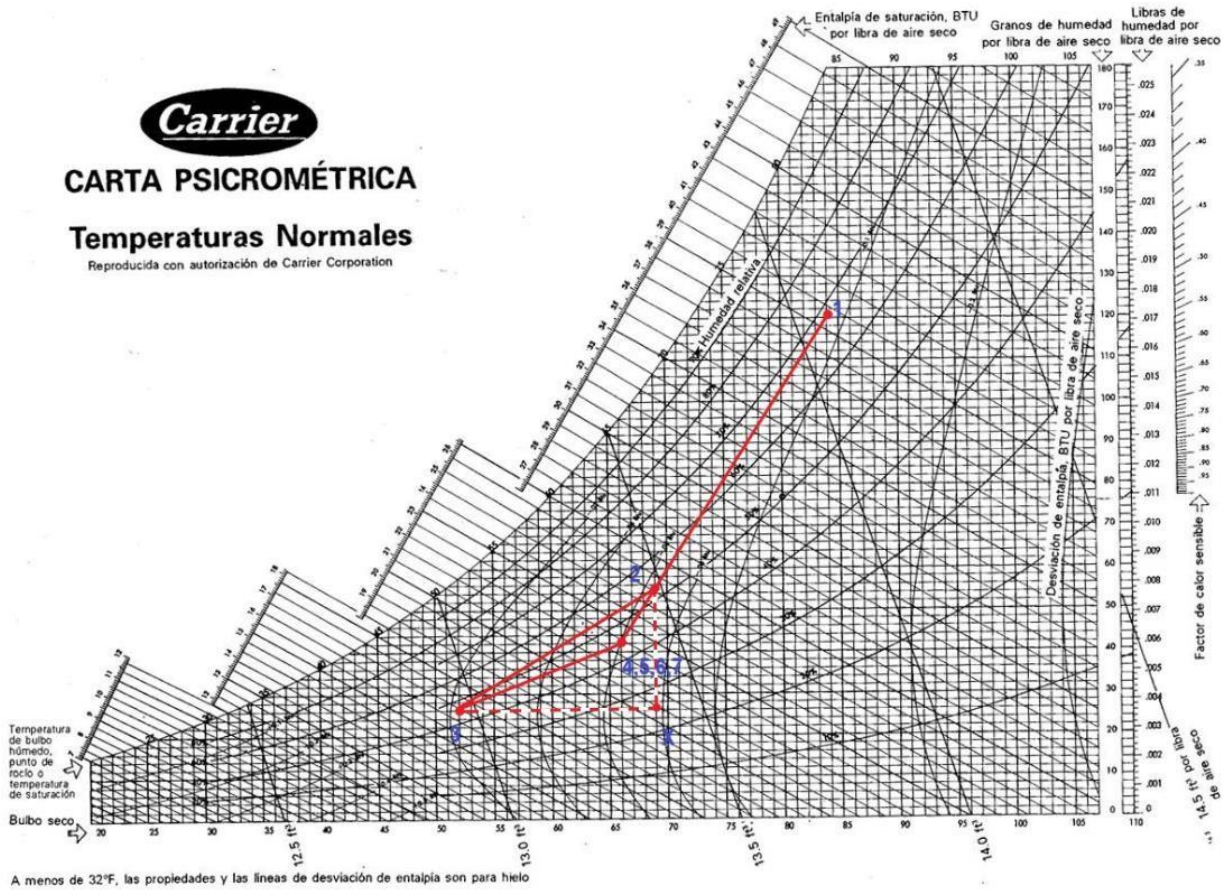


Imagen 31 Carta Psicrométrica

Fuente: Manual de Carrier.

2.2.3.1. Fórmulas

$$\text{Rango de aire} = \frac{ACH \times \text{volumen del recinto}}{\text{tiempo}} = \text{CFM exterior}$$

Rango de aire = volumen del recinto x renovaciones de aire

ACH= aire exterior.

$$T^{\circ} \text{ Mezcla} = \frac{(ACH \times T_e) + (Re \times T_d)}{CFM \text{ total}}$$

Te= temperatura exterior.

Re= CFM de retorno.

Td= temperatura de diseño.

$$Q_s = 1.1 \times \text{CFM} \times (T_1 - T_2).$$

$Q_s$  = calor sensible.

$T_1 - T_2$  = son las temperaturas.

$$Q_l = 0.68 \times \text{CFM} \times (W_1 - W_2).$$

$Q_l$  = calor latente.

$W$  = son los granos de agua/lb as.

$$\text{RSHG} = 1.1 \times \text{CFM} \times \text{CT}.$$

$\text{RSHG}$  = ganancia de calor sensible.

$\text{CT}$  = cambio de temperatura.

$$\text{RLGH} = 1.1 \times \text{CFM} \times (W_1 - W_2).$$

$\text{RLHG}$  = ganancia de calor latente.

$$Q_s = 4.5 * \text{CFM} * (h_1 - h_2).$$

$h$  = entalpia.

### **Análisis de quirófanos.**

Volumen =  $5\text{m}^3 \times 5.4\text{m}^3 \times 3\text{m}^3 = 81$  metros cúbicos

$81\text{ m}^3 \times 4$  cambios/hora = 191 CFM = 200CFM

$81\text{ m}^3 \times 25$  renovaciones/hora = 1200 CFM

$$T^\circ \text{ mezcla} = \frac{(200 \text{ CFM} * 84.2^\circ F) + (1000 \text{ CFM} * 66.2^\circ F)}{1200 \text{ CFM}} = 69.2^\circ F$$

$$Q_s = 1.1 * 1200 \text{ CFM} * (69.2^\circ F - 52) = 22704 \text{ Btu/h}$$

$$Q_l = 0.68 * 1200 \text{ CFM} * (54 - 26.4) = 22521.6 \text{ Btu/h}$$

Ganancia de calor = 45225.6 BTu/h

$$\text{RSHG} = 1.1 * 1200 \text{ CFM} * (66.2^\circ F - 52^\circ F) = 18744 \text{ Btu/h}$$



$$RLHG = 0.68 * 1200 \text{ CFM} * (44.1 - 26.4) = 14443.2 \text{ Btu/h}$$

$$RSHR = \frac{18744 \text{ Btu/h}}{33187.2 \text{ BTu/h}} = 0.56$$

- Cálculo del proceso del serpentín.

$$Q_s = 4.5 * 1200 \text{ CFM} * (21 - 16.5) = 24300 \text{ Btu/h}$$

$$Q_l = 4.5 * 1200 \text{ CFM} * (25 - 21) = 21600 \text{ Btu/h}$$

Por lo que el serpentín requiere de 45900 Btu/h para enfriar el quirófano con respecto a la psicometría.

$$Q_s = 1,1 * \text{CFM} * (T^\circ \text{ mezcla} - T \text{ suministro})$$

$$Q_l = 0,68 * \text{CFM} * (W_4 - W_3)$$

- siendo W4 DB= 69,2°F con RH=50%
- Siendo W3 DB= 52°F con RH=46%

$$Q_s = 4,5 * \text{CFM} * (h_x - h_3)$$

$$Q_l = 4,5 * \text{CFM} * (h_2 - h_x)$$

$$RLHG = 0,68 * \text{CFM} * (W_4 - W_3)$$

- siendo W4 DB= 66,2°F con RH=46%
- Siendo W3 DB= 52°F con RH=46%

### **Cirugía séptica.**

$$\text{Volumen} = 4\text{m} \times 4\text{m} \times 3\text{m} = 48 \text{ metros}^3$$

$$48 \text{ m}^3 \times 4 \text{ cambios/hora} = 192 \text{ m}^3/\text{h} = 150 \text{ CFM}$$

$$84 \text{ m}^3 \times 25 \text{ renovaciones/hora} = 1200 \text{ m}^3/\text{h} = 750 \text{ CFM}$$

$$T^\circ \text{ mezcla} = \frac{(150 \text{ CFM} * 84.2^\circ\text{F}) + (600 \text{ CFM} * 66.2^\circ\text{F})}{750 \text{ CFM}} = 69.8^\circ\text{F}$$

$$Q_s = 1.1 * 750 \text{ CFM} * (69.8^\circ\text{F} - 52^\circ\text{F}) = 14685 \text{ BTu/h}$$

$$Q_l = 0.68 * 750 \text{ CFM} * (56 - 26.4) = 15096 \text{ BTu/h}$$

$$\text{Ganancia de calor} = 29781 \text{ BTu/h}$$

$$RSHG = 1.1 * 750 \text{ CFM} * (66.2^\circ\text{F} - 52^\circ\text{F}) = 11715 \text{ Btu/h}$$

$$RLHG = 0.68 * 750 \text{ CFM} * (44.1 - 26.4) = 9027 \text{ BTu/h}$$

$$RSHR = \frac{11715 \text{ Btu/h}}{20742 \text{ BTu/h}} = 0.56$$

- Cálculo del proceso del serpentín.

$$Q_s = 4.5 * 750 \text{ CFM} * (21 - 16.5) = 15187.5 \text{ BTu/h}$$

$$Q_l = 4.5 * 750 \text{ CFM} * (24.7 - 21) = 12487.5 \text{ BTu/h}$$

Por lo que el serpentín requiere de 27675 BTu/h para enfriar el quirófano con respecto a la psicometría.

Cada uno de los recintos analizados en este proceso se diseñó de acuerdo con las necesidades de las personas y de las condiciones de diseño del libro de Manual de Diseño de HVAC de Hospitales y Clínicas. Además, las condiciones de aire de suministro son una propuesta de los alumnos, con base en los criterios de diseño que se usan para este tipo de lugares. Por consiguiente, es importante que se cumpla con el estudio psicrométrico, ya que los modelos actuales tienen que cumplir con las condiciones establecidas por medio de la tabla.

## **CAPÍTULO III.**

### **3.1. Marco metodológico**

Los cálculos para este proyecto se basan en tres libros: Pita, HVAC Manual Design for clinics and Hospitals, Manual de diseño mecánico. Los datos se presentarán en una hoja de cálculo como se evidenciará más adelante, por medio de memorias de cálculo de elaboración propia en las que se calcularán cargas térmicas generadas por cada elemento presente en los recintos.

#### **3.1.1. Cálculo de carga térmica**

La carga térmica según Pita (citado en Herrero Aragón, 2007) es “la cantidad de energía por vencer en una cierta área, para mantener las condiciones ideales del recinto, ya sea, temperatura, humedad, ventilación o pureza del aire” (p. 21). Se toman como base tablas, figuras, procedimientos y cálculos del libro para obtener valores de cargas de enfriamiento y diferenciales de temperatura. Para los cálculos de cargas térmicas y de enfriamiento se utilizó una memoria de cálculo en Microsoft Excel para optimizar las operaciones matemáticas y el espacio. Los cálculos se dividieron en diferentes hojas de cálculo como se muestra a continuación:

- Quirófano 1.

## CALCULO DE CARGAS DE ENFRIAMIENTO PARA AIRE ACONDICIONADO

Condiciones de diseño				Proyecto	AA Clinica oftalmologica					
Exterior	Recinto	Diferencia								
BS, °F	84,2	66,2	18	Recinto	Quirofono 1					
BS, °C	29	19,0		Fecha	22-sep-19					
BH, °F	80	54		Mes diseño	Abril					
BH, °C	26,7	12		Hora solar	2:00 p.m.					
% HR	69,0%	46%								
Agua, gr/lb	122,7	44,1	78,6							
Promedio (To), °F	80,7									
Altura cielo del recinto, pies			9,8							
Area del recinto, pies2			290							
T° aire suministro (Tsa), °F			52							
K, conductancia de unidad de longitud			9,67							
Fc, factor de corrección			0,81							
Conducción	Dir.	Color	U (A.8)	A, pies2 Bruta	Neta	DTCE, °F (6.5) Tabla	Corr.	Fc	RSHG Btu/h	
Vidrio (A.8, 6.5)	N									
	S									
	E									
	O									
Pared exterior	grupo, 6.3		LM, 6.4	U (A.7, 6.3)	Longitud, pies	Area, pies2	DTCE, °F (6.2)			
		E	N	2	0,987					
		E	S	-7	0,987					
		E	E	-1	0,987					
		O	-1	0,987	16,4	161	14	20,5	0,81	2 623
Techo/cielo raso	6.4, 6.1		-1	0,134		290	77	83,5	0,81	2 617
Puerta	6.4, 6.3, 6.2									
Piso inf.	A.7			U (A.7)	Longitud, pies	Area, pies2	DT, °F Real	Corr.		
				0,59		290	18	13	0,81	1 794
Piso sup.	A.7								0,81	0
Partición interior	A.7								0,81	0
Radiación solar	Dir.	Sombra	FGCS (6.6)	A, pies2 Bruta	Neta	CS (6.7)	FCE (6.8)	Fc		
Vidrio	N									
	S					0				
	E					0				
	O					0				

Iluminación y equipo	Componentes eléctricos			Watts	Btu/w	FB	FCE	Fc		Btu/h	
	Iluminación	Incandescentes	60	3,41	1	1	0,81	165			
		LED	216	3,41	1	1	0,81	594			
	Equipo eléctrico		2 753	3,41		1	0,81	7 572			
Otros equipos											
Ganancias de los ocupantes, 6.11	Tipo de ganancia de calor			Btu/hr/per	N° per		Fc				
	Ganancias sensibles			315	10	x	0,81		2 541		
	Ganancias latentes			325	10					3 250	
Infiltración por puertas y ventanas, 3.3, 3.4	Seleccione una opción			CFM	Ganancias por infiltración						
	a)	pies de ranura x	1	cfm/pie ranura =	0	Sensible	1,1 x cfm x	18	DT	0	
	b)	n° aperturas/hr x		pies3/ per =	0	Latente	0,68 x cfm x	78,6	gr/b	0	
Ganacias en ductos	Tipo de ducto			Área ducto, pies2	U ducto	DT, °F					
	Ducto de retorno			148	0,25	18			665		
	Ducto de suministro			191	0,25	32,2			1 538		
									RSHG	RLHG	
									Btu/h		
									TOTAL GANACIAS DE CALOR DEL RECINTO		
									20 108	3 250	
Ventilación de ocupantes, 6.15	Seleccione una opción			CFM	Ganancias por ventilación						
	a)	cfm/per x	10	n° per.	0	Sensible	1,1 x cfm x	18	DT	3 751	
	b)	cfm/pie2 x	290	pies2 piso	0	Latente	0,68 x cfm x	78,6	gr/b		
	c)	4 cambios/hr x	2 842	pies3 recinto	189					10 127	
Ganancia por ventilador forzado		2,5%								503	
									GSHG	GLHG	
									Btu/h		
									TOTAL DE CARGA DE ENFRIAMIENTO		
									24 362	13 377	
RSHR = RSHG/RTHG			GSHR = GSHG/GTHG			GTHG					
0,86			0,65						Btu/h	TONS	
						37 739			3,1		
VOLUMEN AIRE DE SUMINISTRO, CFM sa											
RSHG/1,1*(Tr-Tsa) =			1 287								
Cambios/hr del recinto			27								
Porcentaje de aire exterior			15%								
CFM/Ton			409								
APLICACIONES 100% AIRE FRESCO											
CFM sa			189								
Btu/pie2			130								
CFM/Ton			60								

- Quirófano 2

## CALCULO DE CARGAS DE ENFRIAMIENTO PARA AIRE ACONDICIONADO

Condiciones de diseño				Proyecto	AA clinica oftamologica						
Exterior	Recinto	Diferencia									
BS, °F	84,2	66,2	18	Recinto	Quirofano 2						
BS, °C	29	19,0		Fecha	22-sep-19						
BH, °F	80	54		Mes diseño	Abril						
BH, °C	26,7	12		Hora solar	2:00 p.m.						
% HR	69,0%	46%									
Agua, gr/lb	122,7	44,1	78,6								
Promedio (To), °F	80,7										
Altura cielo del recinto, pies			9,8								
Area del recinto, pies2			290								
T° aire suministro (Tsa), °F			52								
K, conductancia de unidad de longitud			9,67								
Fc, factor de corrección			0,81								
Conducción		Dir.	Color	U (A.8)	A, pies2		DTCE, °F (6.5)		Fc	RSHG	
Vidrio (A.8, 6.5)		N			Bruta	Neta	Tabla	Corr.			
		S									
		E									
		O									
Pared exterior	grupo		LM, 6.4	U (A.7, 6.3)	Longitud, pies	Area, pies2	DTCE, °F (6.2)				
		E	N	2	0,987						
		E	S	-7	0,987						
		E	E	-1	0,987						
		E	O	-1	0,987	16,4	160,72	14	20,5	0,81	2 623
Techo/cielo raso	6.4, 6.1			-1	0,134		290	77	83,5	0,81	2 617
Puerta	6.4, 6.3, 6.2										
					U (A.7)	Longitud, pies	Area, pies2	DT, °F			
Piso inf.	A.7				0,59		290	18	13	0,81	1 794
Piso sup.	A.7										
Partición interior	A.7										
Radiación solar		Dir.	Sombra	FGCS (6.6)	A, pies2		CS (6.7)	FCE (6.8)	Fc		
Vidrio		N	no		Bruta	Neta					
		S	no			0					
		E	no			0					
		O	no			0					

Iluminación y equipo		Componentes eléctricos		Watts	Btu/w	FB	FCE	Fc	Btu/h		
		Iluminación	Incandescente	60	3,41	1	1	0,81	165		
	LED	216	3,41	1	1	0,81	594				
	Equipo eléctrico			2 753	3,41		1	0,81	7 572		
	Otros equipos										
Ganancias de los ocupantes, 6.11		Tipo de ganancia de calor		Btu/hr/per		N° per.		Fc			
		Ganancias sensibles		315		10		x		0,81	2 541
		Ganancias latentes		325				10			3 250
Infiltración por puertas y ventanas, 3.3, 3.4	Seleccione una opción			CFM		Ganancias por infiltración					
	a)	pies de ranura x	cfm/pie ranura =	0	Sensible	1,1 x cfm x	18	DT		0	
b)	n° aperturas/hr x	pies3/ per =	0	Latente	0,68 x cfm x	78,6	gr/lb			0	
Ganacias en ductos		Tipo de ducto		Área ducto, pies <sup>2</sup>	U ducto	DT, °F					
		Ducto de retorno		148	0,25	18		665			
		Ducto de suministro		191	0,25	32,2		1 538			
						RSHG		RLHG			
								Btu/h			
						TOTAL GANACIAS DE CALOR DEL RECINTO		20 108		3 250	
Ventilación de ocupantes, 6.15		Seleccione una opción			CFM		Ganancias por ventilación				
		a)	cfm/per x	10	n° per.	0	Sensible	1,1 x cfm x	18	DT	3 751
		b)	cfm/pie <sup>2</sup> x	290	pies2 piso	0	Latente	0,68 x cfm x	78,6	gr/lb	
		c)	cambios/hr x	2 842	pies3 recinto	189					10 127
Ganancia por ventilador forzado		2,5%								503	
						GSHG		GLHG			
								Btu/h			
						TOTAL DE CARGA DE ENFRIAMIENTO		24 362		13 377	
				RSHR = RSHG/RTHG		GSHR = GSHG/GTHG		GTHG			
				0,86		0,65		Btu/h		TONS	
								37 739		3,1	
				VOLUMEN AIRE DE SUMINISTRO, CFM sa							
				RSHG/1,1*(Tr-Tsa) =		1 287					
				Cambios/hr del recinto		27					
				Porcentaje de aire exterior		15%					
				CFM/Ton		409					
				APLICACIONES 100% AIRE FRESCO							
				CFM sa		189					
				Btu/pie <sup>2</sup>		130					
				CFM/Ton		60					

- Quirófano 3.

## CALCULO DE CARGAS DE ENFRIAMIENTO PARA AIRE ACONDICIONADO

Condiciones de diseño				Proyecto	AA clinica oftalmologica						
Exterior	Recinto	Diferencia									
BS, °F	84,2	66,2	18	Recinto	Quirofano 3						
BS, °C	29	19,0		Fecha	22-sep-19						
BH, °F	80	54		Mes diseño	Abril						
BH, °C	26,7	12		Hora solar	2:00 p.m.						
% HR	69,0%	46%									
Agua, gr/lb	122,7	44,1	78,6								
Promedio (To), °F	80,7										
Altura cielo del recinto, pies			9,8								
Area del recinto, pies2			290								
T° aire suministro (Tsa), °F			52								
K, conductancia de unidad de longitud			9,67								
Fc, factor de corrección			0,81								
Conducción		Dir.	Color	U (A.8)	A, pies2	DTCE, °F (6.5)	Fc	RSHG Btu/h			
Vidrio (A.8, 6.5)		N		0	Bruta	Neta	Tabla	Corr.			
		S		0							
		E		0							
		O		0							
			LM, 6.4	U (A.7, 6.3)	Longitud, pies	Area, pies2	DTCE, °F (6.2)				
Pared exterior	grupo, 6.3	E	N	2	0,987						
		E	S	-7	0,987	16,4	160,72	24	24,5	0,81	3 135
		E	E	-1	0,987						
		E	O	-1	0,987	17,7	173,46	14	20,5	0,81	2 831
Techo/cielo raso	6.4, 6.1		-1	0,134		290	77	83,5	0,81	2 617	
Puerta	6.4, 6.3, 6.2										
				U (A.7)	Longitud, pies	Area, pies2	Real	Corr.	DT, °F		
Piso inf.	A.7			0,59		290	18	13	0,81	1 794	
Piso sup.	A.7										
Partición interior	A.7										
Radiación solar		Dir.	Sombra	FGCS (6.6)	A, pies2		CS (6.7)	FCE (6.8)	Fc		
Vidrio		N	no		Bruta	Neta					
		S	no								
		E	no								
		O	no								



Iluminación y equipo		Componentes eléctricos		Watts	Btu/w	FB	FCE	Fc	Btu/h	
		Iluminación	Incandescente	60	3,41	1	1	0,81	165	
	LED	216	3,41	1	1	0,81	594			
	Equipo eléctrico	2 753	3,41		1	0,81	7 572			
	Otros equipos									
Ganancias de los ocupantes, 6.11		Tipo de ganancia de calor		Btu/hr/per	N° per.	Fc				
		Ganancias sensibles	315	10	x	0,81	2 541			
		Ganancias latentes	325	10				3 250		
Infiltración por puertas y ventanas, 3.3, 3.4	Seleccione una opción				CFM	Ganancias por infiltración				
	a)	pies de ranura x	1	cfm/pie ranura =	0	Sensible	1,1 x cfm x	18	DT	0
	b)	n° aperturas/hr x		pies3/ per =	0	Latente	0,68 x cfm x	78,6	gr/lb	0
Ganacias en ductos		Tipo de ducto		Area ducto, pies2	U ducto	DT, °F				
		Ducto de retorno	148	0,25	18		665			
		Ducto de suministro	191	0,25	32,2		1 538			
						RSHG	RLHG			
						Btu/h				
						TOTAL GANACIAS DE CALOR DEL RECINTO		23 451	3 250	
Ventilación de ocupantes, 6.15	Seleccione una opción				CFM	Ganancias por ventilación				
	a)	cfm/per x	10	n° per.	0	Sensible	1,1 x cfm x	18	DT	3 751
	b)	cfm/pie2 x	290	pies2 piso	0	Latente	0,68 x cfm x	78,6	gr/lb	10 127
	c)	4	cambios/hr x	2 842	pies3 recinto	189				
Ganancia por ventilador forzado		2,5%						586		
						GSHG	GLHG			
						Btu/h				
						TOTAL DE CARGA DE ENFRIAMIENTO		27 788	13 377	
						RSHR = RSHG/RTHG	GSHR = GSHG/GTHG	GTHG		
						0,88	0,68	Btu/h	TONS	
								41 165	3,4	
						VOLUMEN AIRE DE SUMINISTRO, CFM sa				
						RSHG/1,1*(Tr-Tsa) =	1 501			
						Cambios/hr del recinto	32			
						Porcentaje de aire exterior	13%			
						CFM/Ton	438			
						APLICACIONES 100% AIRE FRESCO				
						CFM sa	189			
						Btu/pie2	142			
						CFM/Ton	55			

- Quirófano 4

## CALCULO DE CARGAS DE ENFRIAMIENTO PARA AIRE ACONDICIONADO

Condiciones de diseño				Proyecto	AA clinica oftamologica						
Exterior	Recinto	Diferencia									
BS, °F	84,2	66,2	18	Recinto	Quirofano 4						
BS, °C	29	19,0		Fecha	22-sep-19						
BH, °F	80	54		Mes diseño	Abril						
BH, °C	26,7	12		Hora solar	2:00 p.m.						
% HR	69,0%	46%									
Agua, gr/lb	122,7	44,1	78,6								
Promedio (To), °F	80,7										
Altura cielo del recinto, pies			9,87								
Area del recinto, pies2			290								
T° aire suministro (Tsa), °F			52								
K, conductancia de unidad de longitud			9,74								
Fc, factor de corrección			0,81	9,74169							
Conducción		Dir.	Color	U (A.8)	A, pies2	DTCE, °F (6.5)		Fc	RSHG Btu/h		
					Bruta	Neta	Tabla			Corr.	
Vidrio (A.8, 6.5)		N	no								
		S	no								
		E	no								
		O	no								
			LM, 6.4	U (A.7, 6.3)	Longitud, pies	Area, pies2	DTCE, °F (6.2)				
Pared exterior	grupo, 6.3	E	N	2	0,987						
		E	S	-7	0,987	16,4	161,868	24	24,5	0,81	3 171
		E	E	-1	0,987	17,7	174,699	37	43,5	0,81	6 075
		E	O	-1	0,987						
Techo/cielo raso	6.4, 6.1		-1	0,134		290	77	83,5	0,81	2 628	
Puerta	6.4, 6.3, 6.2										
							DT, °F				
Piso inf.	A.7			U (A.7)	Longitud, pies	Area, pies2	Real	Corr.			
Piso sup.	A.7			0,59		290	18	13	0,81	1 802	
Partición interior	A.7										
Radiación solar		Dir.	Sombra	FGCS (6.6)	A, pies2		CS (6.7)	FCE (6.8)	Fc		
					Bruta	Neta					
Vidrio		N	no								
		S	no								
		E	no								
		O	no								

Iluminación y equipo		Componentes eléctricos		Watts	Btu/w	FB	FCE	Fc	Btu/h		
		Iluminación	Incandescente	60	3,41	1	1	0,81	166		
	LED	216	3,41	1	1	0,81	597				
	Equipo eléctrico	2 753	3,41			1	0,81	7 604			
	Otros equipos										
Ganancias de los ocupantes, 6.11		Tipo de ganancia de calor		Btu/hr/per		N° per.		Fc			
		Ganancias sensibles		315		10		x		0,81	2 552
		Ganancias latentes		325		10					3 250
Infiltración por puertas y ventanas, 3.3, 3.4		Seleccione una opción				CFM		Ganancias por infiltración			
		a)	pies de ranura x	1	cfm/pie ranura =	0	Sensible	1,1 x cfm x	18	DT	0
	b)	n° aperturas/hr x		pies3/ per =	0	Latente	0,68 x cfm x	78,6	gr/lb	0	
Ganacias en ductos		Tipo de ducto		Area ducto, pies2	U ducto	DT, °F					
		Ducto de retorno		120	0,25	18		540			
		Ducto de suministro		275	0,25	32,2		2 216			
								RSHG	RLHG		
								Btu/h			
								TOTAL GANANCIAS DE CALOR DEL RECINTO		27 350 3 250	
Ventilación de ocupantes, 6.15		Seleccione una opción				CFM		Ganancias por ventilación			
		a)	cfm/per x	10	n° per.	0					
		b)	cfm/pie2 x	290	pies2 piso	0	Sensible	1,1 x cfm x	18	DT	3 778
		c)	cambios/hr x	2 862	pies3 recinto	191	Latente	0,68 x cfm x	78,6	gr/lb	10 199
Ganancia por ventilador forzado		2,5%								684	
								GSHG	GLHG		
								Btu/h			
								TOTAL DE CARGA DE ENFRIAMIENTO		31 812 13 449	
								RSHR = RSHG/RTHG	GSHR = GSHG/GTHG	GTHG	
								0,89	0,70	Btu/h TONS	
								45 261 3,8			
								VOLUMEN AIRE DE SUMINISTRO, CFM sa			
								RSHG/1,1*(Tr-Tsa) =		1 751	
								Cambios/hr del recinto		37	
								Porcentaje de aire exterior		11%	
								CFM/Ton		464	
								APLICACIONES 100% AIRE FRESCO			
								CFM sa		191	
								Btu/pie2		156	
								CFM/Ton		51	

- Quirófano 5.

CALCULO DE CARGAS DE ENFRIAMIENTO PARA AIRE ACONDICIONADO											
Condiciones de diseño											
	Exterior	Recinto	Diferencia	Proyecto	AA clinica oftamologica						
BS, °F	84,2	66,2	18	Recinto	Quirofano 5						
BS, °C	29	19,0		Fecha	22-sep-19						
BH, °F	80	54		Mes diseño	Abril						
BH, °C	26,7	12		Hora solar	2:00 p.m.						
% HR	69,0%	46%									
Agua, gr/lb	122,7	44,1	78,6								
Promedio (To), °F	80,7										
Altura cielo del recinto, pies			9,8								
Area del recinto, pies2			290								
T° aire suministro (Tsa), °F			52								
K, conductancia de unidad de longitud			9,67								
Fc, factor de corrección			0,81								
Conducción											
	Dir.	Color	U (A.8)	A, pies2		DTCE, °F (6.5)		Fc	RSHG Btuh		
Vidrio (A.8, 6.5)	N	no		Bruta	Neta	Tabla	Corr.				
	S	no									
	E	no									
	O	no									
		LM, 6.4	U (A.7, 6.3)	Longitud, pies	Area, pies2	DTCE, °F (6.2)					
Pared exterior	grupo, 6.3	E	N	2	0,987	9,83	96	31	31,5	0,81	2 416
		S	-7	0,987							
		E	-1	0,987							
		O	-1	0,987							
Techo/cielo raso	6.4, 6.1		-1	0,134		290	77	83,5	0,81	2 617	
Puerta	6.4, 6.3, 6.2										
DT, °F											
			U (A.7)	Longitud, pies	Area, pies2	Real	Corr.				
Piso inf.	A.7		0,59		290	18	13	0,81	1794		
Piso sup.	A.7										
Partición interior	A.7										
Radiación solar											
	Dir.	Sombra	FGCS (6.6)	A, pies2		CS (6.7)	FCE (6.8)	Fc			
Vidrio	N	no		Bruta	Neta						
	S	no									
	E	no									
	O	no									

		Componentes eléctricos		Watts	Btu/w	FB	FCE	Fc		Btu/h
Iluminación y equipo	Iluminación	Incandescente		60	3.41	1	1	0.81	165	
		LED		216	3.41	1	1	0.81	594	
	Equipo eléctrico		2 753	3.41			0.81	7 572		
	Otros equipos									
		Tipo de ganancia de calor		Btu/h/par	N° per.		Fc			
Ganancias de los ocupantes, 6.11		Ganancias sensibles		315		10	x	0.81	2 541	
		Ganancias latentes		325		10				3 250
Infiltración por puertas y ventanas, 3.3, 3.4	Seleccione una opción			CFM	Ganancias por infiltración					
	a)	pies de ranura x	cfm/pie ranura =	0	Sensible	1,1 x cfm x	18	DT		0
	b)	n° aperturas/hr x	pies3/per =	0	Latente	0,68 x cfm x	78,6	gr/lb		0
Ganacias en ductos		Tipo de ducto	Área ducto, pies <sup>2</sup>	U ducto	DT, °F					
		Ducto de retorno	167	0,25	18					752
		Ducto de suministro	192	0,25	32,2					1545
									RSHG	RLHG
									Btu/h	
									19 995	3 250
		TOTAL GANANCIAS DE CALOR DEL RECINTO								
Ventilación de ocupantes, 6.15	Seleccione una opción			CFM	Ganancias por ventilación					
	a)	cfm/per x	10	n° per.	0	Sensible	1,1 x cfm x	18	DT	3 751
	b)	cfm/pie2 x	290	pies2 piso	0	Latente	0,68 x cfm x	78,6	gr/lb	
	c)	cambios/hr x	2 842	pies3 recinto	189					10 127
Ganancia por ventilador forzado		2,5%								500
									GSHG	GLHG
									Btu/h	
									24 247	13 377
		TOTAL DE CARGA DE ENFRIAMIENTO								
		RSHR = RSHG/RTHG		GSHR = GSHG/GTHG		GTHG				
		0,86		0,64		Btu/h				
						TONS				
						37 623				
						3,1				
		VOLUMEN AIRE DE SUMINISTRO, CFM sa								
		RSHG/1*(Tr-Tsa) =		1 280						
		Cambios/hr del recinto		27						
		Porcentaje de aire exterior		15%						
		CFM/Ton		408						
		APLICACIONES 100% AIRE FRESCO								
		CFM sa		189						
		Btu/pie2		130						
		CFM/Ton		60						

- Preanestecia.

**CALCULO DE CARGAS DE ENFRIAMIENTO PARA AIRE ACONDICIONADO**

Condiciones de diseño				Proyecto	AA clinica oftalmologica
Exterior	Recinto	Diferencia			
BS, °F	84,2	69,8	14,4	Recinto	Preanestecia
BS, °C	29	21,0		Fecha	22-sep-19
BH, °F	70	58,2		Mes diseño	Abril
BH, °C	21,1	15		Hora solar	2:00 p.m.
% HR	69,0%	50%			
Agua, gr/lb	122,7	49,9	72,8		
Promedio (To), °F	80,7				
Altura cielo del recinto, pies			9,8		
Area del recinto, pies2			387		
T° aire suministro (Tsa), °F			53		
K, conductancia de unidad de longitud			7,93		
Fc, factor de corrección			0,84		

Conducción	Dir.	Color	U (A.8)	A, pies2		DTCE, °F (6.5)		Fc	RSHG Btu/h		
				Bruta	Neta	Tabla	Corr.				
Vidrio (A.8, 6.5)	N		1,83		61	13	16,9	0,84	1574		
	S		1,83								
	E		1,83								
	O		1,83								
		LM, 6.4	U (A.7, 6.3)	Longitud, pies	Area, pies2	DTCE, °F (6.2)					
Pared exterior	grupo, s	E	N	2	0,402	19,69	132	24	20,9	0,84	936
		E	S	-7	0,402						
		E	E	-1	0,402						
		E	O	-1	0,402						
Techo/cielo raso	6.4, 6.1		-1	0,134		387	77	79,9	0,84	3486	
Puerta	6.4, 6.3, 6.2										
						DT, °F					
Piso inf.	A.7			U (A.7)	Longitud, pies	Area, pies2	Real	Corr.			
Piso sup.	A.7			0,59		387	14,4	9,4	0,84	1806	
Partición interior	A.7										

Radiación solar	Dir.	Sombra	FGCS (6.6)	A, pies2		CS (6.7)	FCE (6.8)	Fc	
				Bruta	Neta				
Vidrio	N		45		61	0,83	0,58	0,84	1103
	S								
	E								
	O								

Iluminación y equipo		Componentes eléctricos				Watts	Btu/w	FB	FCE	Fc	Btu/h		
		Iluminación	LED camilla			192	3.41	1	1	0,84		551	
	LED			128	3.41	1	1	0,84	367				
	Equipo eléctrico			60	3.41			1	0,84	172			
	Otros equipos												
Ganancias de los ocupantes, 6.11		Tipo de ganancia de calor				Btu/hr/per	N° per.		Fc				
		Ganancias sensibles				315	11	x	0,84		2 916		
		Ganancias latentes				325	11				3 575		
Infiltración por puertas y ventanas, 3.3, 3.4		Seleccione una opción				CFM	Ganancias por infiltración						
		a)	pies de ranura x	1	cfm/pie ranura =	0	Sensible	1,1 x cfm x	14,4	DT	0		
		b)	n° aperturas/hr x		pies3/ per =	0	Latente	0,68 x cfm x	72,8	gr/lb	0		
Ganacias en ductos		Tipo de ducto		Area ducto, pies2	U ducto	DT, °F							
		Ducto de retorno		7	0,25	14,4				27			
		Ducto de suministro		45	0,25	31,2				347			
										RSHG	RLHG		
										Btu/h			
										TOTAL GANANCIAS DE CALOR DEL RECINTO		13 397	3 575
Ventilación de ocupantes, 6.15		Seleccione una opción				CFM	Ganancias por ventilación						
		a)	cfm/per x	11	n° per.	0	Sensible	1,1 x cfm x	14,4	DT	2 002		
		b)	cfm/pie2 x	387	pies2 piso	0	Latente	0,68 x cfm x	72,8	gr/lb	6 258		
c)	2	cambios/hr x	3 793	pies3 recinto	126								
Ganancia por ventilador forzado		2,5%								335			
										GSHG	GLHG		
										Btu/h			
										TOTAL DE CARGA DE ENFRIAMIENTO		15 734	9 833
RSHR = RSHG/RTHG					GSHR = GSHG/GTHG					GTHG			
0,79					0,62					Btu/h		TONS	
										25 567		2,1	
VOLUMEN AIRE DE SUMINISTRO, CFM sa													
RSHG/1.1*(Tr-Tsa) =										725			
Cambios/hr del recinto										11			
Porcentaje de aire exterior										17%			
CFM/Ton										340			
APLICACIONES 100% AIRE FRESCO													
CFM sa										126			
Btu/pie2										66			
CFM/Ton										59			





Iluminación y equipo		Componentes eléctricos		Watts	Btu/w	FB	FCE	Fc	Btu/h		
		Iluminación	LED camilla	396	3,41	1	1	0,90	1 210		
LED bombillos	63		3,41	1	1	0,90	193				
LED	216		3,41	1	1	0,90	660				
Equipo eléctrico		990	3,41			1	0,90	3 026			
Otros equipos											
Ganancias de los ocupantes, 6.11		Tipo de ganancia de calor		Btu/hr/per		N° per.	Fc				
		Ganancias sensibles	315		18	x	0,90	5 082		5 850	
Ganancias latentes			325		18						
Infiltración por puertas y ventanas, 3.3, 3.4	Seleccione una opción			CFM	Ganancias por infiltración						
	a)	pies de ranura x	cm/pie ranura =	0	Sensible	1,1 x cfm x	14,4	DT	0		
	b)	n° aperturas/hr x	pies3/ per =	0	Latente	0,68 x cfm x	72,8	gr/lb	0		
Ganacias en ductos	Tipo de ducto		Area ducto, pies2	U ducto	DT, °F						
	Ducto de retorno		21	0,25	14,4	74					
	Ducto de suministro		202	0,25	31,2	1 577					
								RSHG	RLHG		
								Btu/h			
								TOTAL GANACIAS DE CALOR DEL RECINTO		35 610 5 850	
Ventilación de ocupantes, 6.15	Seleccione una opción			CFM	Ganancias por ventilación						
	a)	cfm/per x	18	n° per.	0	Sensible	1,1 x cfm x	14,4	DT	5 226	
	b)	cfm/pie2 x	1 010	pies2 piso	0	Latente	0,68 x cfm x	72,8	gr/lb	16 333	
c)	2	cambios/hr x	9 898	pies3 recinto	330						
Ganancia por ventilador forzado		2,5%									890
								GSHG	GLHG		
								Btu/h			
								TOTAL DE CARGA DE ENFRIAMIENTO		41 726 22 183	
								RSHR = RSHG/RTHG	GSHR = GSHG/GTHG	GTHG	
								0,86	0,65		
								Btu/h	TONS		
								63 910	5,3		
								VOLUMEN AIRE DE SUMINISTRO, CFM sa			
								RSHG/1,1*(Tr-Tsa) =			
								1 927			
								Cambios/hr del recinto			
								12			
								Porcentaje de aire exterior			
								17%			
								CFM/Ton			
								362			
								APLICACIONES 100% AIRE FRESCO			
								CFM sa			
								330			
								Btu/pie2			
								63			
								CFM/Ton			
								62			



Iluminación y equipo		Componentes eléctricos		Watts	Btu/w	FB	FCE	Fc	Btu/h			
		Iluminación	LED		216	3,41	1	1	0,90	666		
Equipo eléctrico												
Otros equipos												
Ganancias de los ocupantes, 6.11		Tipo de ganancia de calor			Btu/hr/per	N° per.		Fc				
		Ganancias sensibles			315	5	x	0,90	1425			
		Ganancias latentes			325	5				1625		
Infiltración por puertas y ventanas, 3.3, 3.4	Seleccione una opción				CFM	Ganancias por infiltración						
	a)	pies de ranura x	5	cfm/pie ranura =	0	Sensible	1,1 x cfm x	9	DT	0		
	b)	n° aperturas/hr x	5	pies3/ per =	0	Latente	0,68 x cfm x	72,8	gr/lb	0		
Ganacias en ductos		Tipo de ducto		Área ducto, pies2	U ducto	DT, °F						
		Ducto de retorno		21	0,25	9				46		
		Ducto de suministro		47	0,25	31,2				365		
									RSHG	RLHG		
									Btu/h			
									TOTAL GANACIAS DE CALOR DEL RECINTO	11 953	1 625	
Ventilación de ocupantes, 6.15		Seleccione una opción				CFM	Ganancias por ventilación					
		a)	cfm/per x	5	n° per.	0	Sensible	1,1 x cfm x	9	DT	1 772	
		b)	cfm/pie2 x	548	pies2 piso	0	Latente	0,68 x cfm x	72,8	gr/lb	8 862	
c)	2	cambios/hr x	5 370	pies3 recinto	179							
Ganancia por ventilador forzado		2,5%								299		
										GSHG	GLHG	
										Btu/h		
										TOTAL DE CARGA DE ENFRIAMIENTO	14 024	10 487
										RSHR = RSHG/RTHG	GSHR = GSHG/GTHG	GTHG
										0,88	0,57	
										Btu/h		TONS
										24 511	2,0	
										VOLUMEN AIRE DE SUMINISTRO, CFM sa		
										RSHG/1,1*(Tr-Tsa) =		489
										Cambios/hr del recinto		5
										Porcentaje de aire exterior		37%
										CFM/Ton		240
										APLICACIONES 100% AIRE FRESCO		
										CFM sa		179
										Btu/pie2		45
										CFM/Ton		88



Iluminación y equipo		Componentes eléctricos		Watts	Btu/h	FB	FCE	Fc		Btu/h
		Iluminación	Incandescente	60	3.41	1	1	0.81	165	
	LED	216	3.41	1	1	0.81	594			
	Equipo eléctrico	2 753	3.41			0.81	7 604			
	Otros equipos									
Ganancias de los ocupantes, 6.11		Tipo de ganancia de calor		Btu/h/por	N° per.	Fc				
		Ganancias sensibles		315	10	x	0.81	2 541		
		Ganancias latentes		325	10				3 250	
Infiltración por puertas y ventanas, 3.3, 3.4		Seleccione una opción		CFM	Ganancias por infiltración					
		a)	pies de ranura x	1	cfm/por ranura =	0	Sensible	1.1 x cfm x	18	DT
	b)	n° aperturas/hr x	pies <sup>3</sup> /per =	0	Latente	0.68 x cfm x	78.6	gr/lb		0
Ganancias en ductos		Tipo de ducto		Área ducto, pies <sup>2</sup>	U ducto	DT, °F				
		Ducto de retorno		41	0.25	18			185	
		Ducto de suministro		137	0.25	32.2			1 104	
								RSHG	PLHG	
								Btu/h		
								TOTAL GANANCIAS DE CALOR DEL RECINTO		
								17 726	3 250	
Ventilación de ocupantes, 6.15		Seleccione una opción		CFM	Ganancias por ventilación					
		a)	cfm/por x	10	n° per.	0				
		b)	cfm/por x	172	pies <sup>2</sup> piso	0	Sensible	1.1 x cfm x	18	DT
	c)	cambios/hr x	1 686	pies <sup>3</sup> recinto	112	Latente	0.68 x cfm x	78.6	gr/lb	6 006
Ganancia por ventilador forzado		2.5%							443	
								GSHG	GLHG	
								Btu/h		
								TOTAL DE CARGA DE ENFRIAMIENTO		
								20 394	9 256	
								RSHR = RSHG/RTHG	GSHR = GSHG/GTHG	
								0.85	0.69	
								GTHG		
								Btu/h	TONS	
								29 650	2.5	
								VOLUMEN AIRE DE SUMINISTRO, CFM <sub>sa</sub>		
								RSHG(1.1(T <sub>r</sub> -T <sub>sa</sub> )) =		
								1 135		
								Cambios/hr del recinto		
								40		
								Porcentaje de aire exterior		
								10%		
								CFM/Ton		
								459		
								APLICACIONES 100% AIRE FRESCO		
								CFM <sub>sa</sub>		
								112		
								Btu/por <sup>2</sup>		
								172		
								CFM/Ton		
								45		



Iluminación y equipo		Componentes eléctricos		Watts	Btu/h	FB	FCE	F <sub>c</sub>	Btu/h		
		Iluminación	LED	144	3,41	1	1	0,90	444		
Equipo eléctrico			500	3,41		1	0,90	1540			
Otros equipos											
Ganancias de los ocupantes, 6.11		Tipo de ganancia de calor		Btu/h/per		N per.		F <sub>c</sub>			
		Ganancias sensibles		315		3	x	0,90	854		
		Ganancias latentes		325		3				975	
Infiltración por puertas y ventanas, 3.3, 3.4		Seleccione una opción			CFM	Ganancias por infiltración					
		a)	pies de ranura	1	m/pie ranura	0	Sensible	1.1 x cfm x	14.4	DT	0
		b)	n' aperturas/hr x		pies3l per =	0	Latente	0.68 x cfm x	72.8	gr/lb	0
Ganancias en ductos		Tipo de ducto		ea ducto, pie	U ducto	DT, F					
		Ducto de retorno		9	0,25	14,4				33	
		Ducto de suministro		76	0,25	31,2				591	
									RSHG	RLHG	
									Btu/h		
									TOTAL GANANCIAS DE CALOR DEL RECINTO		
									10 395	975	
Ventilación de ocupantes, 6.15		Seleccione una opción			CFM	Ganancias por ventilación					
		a)	cfm/per x	3	n per.	0	Sensible	1.1 x cfm x	14.4	DT	1811
		b)	cfm/pie2 x	350	pies2 piso	0	Latente	0.68 x cfm x	72.8	gr/lb	5 660
		c)	2 cambios/hr x	3 430	pies3 recinto	114					
Ganancia por ventilador forzado		2,5%								260	
									GSHG	GLHG	
									Btu/h		
									TOTAL DE CARGA DE ENFRIAMIENTO		
									12 465	6 635	
									RSHR = RSHG/RTHG	GSHR = GSHG/GTHG	
									0,91	0,65	
									GTHG		
									Btu/h	TONS	
									19 100	1,6	
									VOLUMEN AIRE DE SUMINISTRO, CFM <sub>sa</sub>		
									RSHG/1.1(T <sub>r</sub> -T <sub>sa</sub> ) =		
									562		
									Cambios/hr del recinto		
									10		
									Porcentaje de aire exterior		
									20%		
									CFM/Ton		
									353		
									APLICACIONES 100% AIRE FRESCO		
									CFM <sub>sa</sub>		
									114		
									Btu/pie2		
									55		
									CFM/Ton		
									72		

- Pasillo externo.

CALCULO DE CARGAS DE ENFRIAMIENTO PARA AIRE ACONDICIONADO											
<b>Condiciones de diseño</b>				Proyecto	AA Clinica oftalmologica						
BS, °F	Exterior	Recinto	Diferencia	Recinto	Pasillo externo						
BS, °C	84,2	69,8	14,4	Fecha	22-sep-19						
BH, °F	29	21,0		Mes diseño	Abril						
BH, °C	70	58,2		Hora solar	2:00 p.m.						
ΔHR	21,1	15									
Agua, gr/lb	69,0%	50%									
Promedio (Tc)	122,7	49,9	72,8								
	80,7										
Altura cielo del recinto, pies			9,8								
Area del recinto, pies <sup>2</sup>			925								
T <sub>aire suministro (Tsa)</sub> , °F			53								
K, conductancia de unidad de longitud		#DIV/0!									
Fc, factor de corrección		1,00									
<b>Conducción</b>		Dir.	Color	U (A.8)	A_pies2		DTCE, F (6.5)		Fc	RSHG	
Vidrio (A.6, 6.5)					Bruta	Neta	Tabla	Corr.		Btu/h	
		N									
		S									
		E									
		O									
			LM, 6.4	U (A.7, 6.3)	Longitud, pies	Area, pies2	DTCE, F (6.2)				
Pared exterior	grupo, °F	E	N	2							
		N	S	-7							
		N	E	-1							
		N	O	-1							
Techo/cielo	6.4, 6.1		-1	0,134		925	77	79,9	1,00	9 904	
Puerta	6.4, 6.3, 6.2		S	-7	1,1		96,63	24	20,9	1,00	2 222
			E	-1	1,1		96,63	37	39,9	1,00	4 241
							DT, °F				
Piso inf.	A.7			U (A.7)	Longitud, pies	Area, pies2	Real	Corr.			
Piso sup.	A.7			0,53		925	14,4	9,4	1,00	5 130	
Partición inte A.7											
<b>Radiación solar</b>		Dir.	Sombra	FGCS (6.6)	A_pies2		CS (6.7)		FCE (6.8)	Fc	
Vidrio			no		Bruta	Neta					
		N									
		S									
		E									
		O									



Iluminación y equipo	Componentes eléctricos		Watts	Btu/w	FB	FCE	Fc		Btu/h	
	Iluminación	LED	360	3.41	1	1	1.00	1228		
	Equipo eléctrico									
	Otros equipos									
Ganancias de los ocupantes, 6.11	Tipo de ganancia de calor		Btu/hr/per	N per	Fc					
	Ganancias sensibles		315	7	x	1.00		2 205		
	Ganancias latentes		325	7					2 275	
Infiltración por puertas y ventanas, 6.15	Seleccione una opción		CFM	Ganancias por infiltración						
	a)	pies de ranura	1	m/pie ranura	0	Sensible	1.1 x cfm x	0	DT	0
	b)	n aperturas/hr x		pies3/per =	0	Latente	0.68 x cfm x	0	gr/lb	0
Ganacias en ductos	Tipo de ducto		ea ducto, pie	U ducto	DT, F					
	Ducto de retorno		19	0.25	14.4				70	
	Ducto de suministro		223	0.25	31.2				1742	
								RSHG	RLHG	
								Btu/h		
<b>TOTAL GANANCIAS DE CALOR DEL RECINTO</b>								26 741	2 275	
Ventilación de ocupantes, 6.15	Seleccione una opción		CFM	Ganancias por ventilación						
	a)	cfm/per x	7	n per.	0	Sensible	1.1 x cfm x	14.4	DT	2 393
	b)	cfm/pie2 x	325	pies2 piso	0	Latente	0.68 x cfm x	72.8	gr/lb	7 479
c)	1	cambios/hr x	9 065	pies3 recinto	151					
Ganancia por ventilador forzado	2.5%								669	
								GSHG	GLHG	
								Btu/h		
<b>TOTAL DE CARGA DE ENFRIAMIENTO</b>								23 803	9 754	
RSHR = RSHG/RTHG		GSHR = GSHG/GTHG		GTHG						
0.32		0.75				Btu/h		TONS		
				39 557				3.3		
<b>VOLUMEN AIRE DE SUMINISTRO, CFM<sub>sa</sub></b>										
RSHG x 1.1 (T <sub>r</sub> - T <sub>sa</sub> ) =				1447						
Cambio/hr del recinto				10						
Porcentaje de aire exterior				10%						
CFM/Ton				439						
<b>APLICACIONES 100% AIRE FRESCO</b>										
CFM <sub>sa</sub>				151						
Btu/pie2				43						
CFM/Ton				46						



Componentes eléctricos		Watts	Btu/h	FB	FCE	Fc	Btu/h	
Iluminación y equipo	Iluminación	LED	216	3,41	1	1,00	737	
	Equipo eléctrico							
	Otros equipos							
Tipo de ganancia de calor		Btu/h/ft <sup>2</sup>	N° per.	Fc				
Ganancias sensibles		315	5	x	1,00	1575		
Ganancias latentes		325	5				1625	
Infiltración por puertas y ventanas.	Selección una opción		CFM	Ganancias por infiltración				
	a)	pies de ranura = 1	cfm/pie ranura = 0	Sensible	1,1 x cfm x	0	DT	
	b)	n° aperturas/hr x	pies <sup>2</sup> /per = 0	Latente	0,68 x cfm x	0	gr/ib	
Tipo de ducto		Área ducto, pies <sup>2</sup>	U ducto	DT, °F				
Ducto de retorno		9	0,25	18	39			
Ducto de suministro		96	0,25	31,2	751			
							RSHG	RLHG
							Btu/h	Btu/h
<b>TOTAL GANANCIAS DE CALOR DEL RECINTO</b>							11 531	1625
Ventilación de ocupantes, 6,15	Selección una opción		CFM	Ganancias por ventilación				
	a)	cfm/per x 5	n° per.	0				
	b)	cfm/pie <sup>2</sup> x 447	pies <sup>2</sup> piso	0	Sensible	1,1 x cfm x	18	DT
c)	4 cambios/hr x 4 381	pies <sup>3</sup> recinto	292	Latente	0,68 x cfm x	78,6	gr/ib	
Ganancia por ventilador forzado		2,5%				288		
							GSHG	GLHG
							Btu/h	Btu/h
<b>TOTAL DE CARGA DE ENFRIAMIENTO</b>							17 602	17 234
RSHR = RSHG/RTHG		GSHR = GSHG/GTHG		GTHG				
0,88		0,51		34 836		2,9		
VOLUMEN AIRE DE SUMINISTRO, CFM sa								
RSHG/1,1(T <sub>r</sub> -T <sub>sa</sub> ) = 794								
Cambios/hr del recinto = 11								
Porcentaje de aire exterior = 37%								
CFM Ton = 274								
APLICACIONES 100% AIRE FRESCO								
CFM sa = 292								
Btu/pie <sup>2</sup> = 78								
CFM Ton = 101								

UNIDADES MANEJADORAS								
N°	Recinto	Aire manejado, CFM		Manejo de calor, Btu/h			Flujo agua	
		Totales	Sensibles	Latentes	Total	Ton	gpm	
1	UMA 1 quirófano 1	1 287	24 300	21 600	45 900	3,8	9,2	
2	UMA 2 quirófano 2	1 287	24 300	21 600	45 900	3,8	9,2	
3	UMA 3 quirófano 3	1 501	24 300	21 600	45 900	3,8	9,2	
4	UMA 4 quirófano 4	1 751	24 300	21 600	45 900	3,8	9,2	
5	UMA 5 quirófano 5	1 280	24 300	21 600	45 900	3,8	9,2	
6	UMA 8 Cirugía Séptica	1 135	15 188	12 488	27 676	2,3	5,5	
7	UMA 7 Preanestesia	725	15 734	9 833	25 567	2,1	5,1	
8	UMA 8 Recuperación	1 927	41 726	22 183	63 909	5,3	12,8	
9	UMA 9 Vestidores	489	14 024	10 487	24 511	2,0	4,9	
10	UMA 10 Esterilización	562	12 465	6 635	19 100	1,6	3,8	
11	UMA 11 Pasillo externo	1 447	29 803	9 754	39 557	3,3	7,9	
12	UMA 12 Pasillo interno	794	17 602	17 234	34 836	2,9	7,0	
Sub-total de consolas					464 656	38,7	92,9	
2% ganancias de calor en red de tubería agua helada					9 293	0,8	1,9	
SubTotal					473 949	39,5	95	
30% para futuras ampliaciones					142 185	11,8	28	
<b>Total</b>					<b>616 134</b>	<b>51,3</b>	<b>123</b>	

Fuente: elaboración propia.

Se plantea usar un *chiller* de 55 toneladas para enfriar el agua que se utilizará como medio de enfriamiento de las manejadoras. Este contará con sistema hidrónico, varios circuitos con compresores *scroll*, con un IPVL alto (Valor Integrado de Carga Parcial), este valor se refiere a la eficiencia del *chiller*.

### 3.1.2. Condiciones atmosféricas del recinto

Se hicieron consultas al Instituto Meteorológico Nacional para obtener un historial de datos con base en 18 años de los registros de temperaturas y humedades en la zona de la Uruca. Para esto se tomó como base abril, ya que en promedio en este mes se reflejaron las mayores temperaturas del año; los datos obtenidos son los siguientes:

**INSTITUTO METEOROLOGICO NACIONAL**  
**DEPARTAMENTO DE INFORMACION**  
**PROMEDIOS MENSUALES DE DATOS CLIMATICOS**  
 (estaciones automáticas)

ESTACION : 84 195 AEROP. PAVAS OESTE		Latitud: 09 ° 57 ' N Longitud: 84 ° 08 ' O Altitud. 997 m.s.n.m													
Elementos	Períodos	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Prom.	Total
LLUVIA	1996 2014	10.2	12.8	11.7	66.5	223.3	204.3	157.8	205.3	297.2	279.1	132.5	30.2	<b>135.9</b>	<b>1630.9</b>
TEM.MAX.	1996 2014	26.1	26.9	27.8	28.6	27.9	27.5	27.1	27.4	27.3	26.5	26.1	26.0	<b>27.1</b>	
TEM.MIN.	1996 2014	18.1	18.1	18.3	19.0	19.1	18.9	19.1	18.8	18.3	18.4	18.5	18.4	<b>18.6</b>	
TEM.MED.	1996 2014	22.1	22.5	23.1	23.8	23.5	23.2	23.1	23.1	22.8	22.5	22.3	22.2	<b>22.9</b>	
HUMEDAD	1996 2014	68.6	67.0	66.7	68.7	77.8	80.3	77.3	78.7	83.3	84.1	78.6	71.9	<b>75.3</b>	
VIENTO VEL.	1996 2014	22.5	22.1	20.8	17.8	12.6	10.9	13.2	11.8	8.9	9.3	13.8	19.2	<b>15.2</b>	
RADIACION	1996 2014	14.8	15.8	16.5	15.9	12.5	12.3	12.8	12.4	12.7	11.9	10.9	12.7	<b>13.4</b>	
PRESION	1999 2015	902.7	902.6	902.4	902.3	902.2	902.2	902.5	902.4	902.3	902.0	901.7	902.4	<b>902.3</b>	
VIENTO DIR. PREDOMINANTE		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		<b>Total</b>
Promedio días con lluvia >= 0.1 mm.		3	4	4	9	21	22	20	22	25	25	18	8		<b>183</b>

*Imagen 32* Histórico de temperaturas

Fuente: Instituto Meteorológico Nacional.

### 3.1.3. Condiciones interiores actuales del edificio

Según datos proporcionados por la Dirección de Mantenimiento Institucional de la CCSS.

#### Presentación de datos:

- Sala #5.
- Fecha: 28 de junio, 2016.
- Hora de inicio: 7:48 a. m.

Temperatura de bulbo seco (temperatura ambiente)	
Mínima	17.0°C
Máxima	18.1°C
Promedio	21.9°C

Temperatura Bulbo Húmedo (temperatura húmeda)	
Mínima	14.4°C
Máxima	15.4°C
Promedio	16.7°C

Temperatura Globo (calor radiante)	
Mínima	17.1°C
Máxima	18.2°C
Promedio	21.0°C

Índice de calor	
Mínima	20.5°C
Máxima	20.5°C
Promedio	20.6°C

Humedad Relativa	
Mínima	53%
Máxima	67%
Promedio	82%

Como se puede observar, durante el tiempo en que se llevó a cabo la medición, por más de 7 horas, el índice de calor promedio que sienten los funcionarios no superó los 20.6 °C. Además, el calor radiante que sienten los funcionarios promedio durante más de 7 horas fue de

hasta 18.2°C y la temperatura ambiente en promedio fue de 18.1°C. Por otra parte, con respecto a la humedad relativa reportada, el promedio fue de 67 % y una máxima de hasta 82 %.

- Sala #4.
- Fecha: 29 de junio, 2016.
- Hora de inicio: 7:08 a. m.

Temperatura de bulbo seco (temperatura ambiente)	
Mínima	18.7°C
Máxima	19.1°C
Promedio	22.2°C

Temperatura Bulbo Húmedo (temperatura húmeda)	
Mínima	16.1°C
Máxima	16.9°C
Promedio	18.8°C

Temperatura Globo (calor radiante)	
Mínima	18.6°C
Máxima	19.0°C
Promedio	22.4°C

Índice de calor	
Mínima	20.7°C
Máxima	20.7°C
Promedio	21.0°C

Humedad Relativa	
Mínima	59.0%
Máxima	74.8%
Promedio	90.0%

El índice de calor en promedio durante más de 7 horas fue de 21.0°C, mientras que la temperatura ambiente en promedio fue de 22.2°C. Por otra parte, la humedad relativa en promedio fue de 90.0 %.

- Sala #3.
- Fecha: 30 de junio, 2016.
- Hora de inicio: 7:48 a. m.

Temperatura de bulbo seco (temperatura ambiente)	
Mínima	18.5°C
Máxima	23.3°C
Promedio	19.3°C

Temperatura Bulbo Húmedo (temperatura húmeda)	
Mínima	15.5°C
Máxima	16.4°C
Promedio	20.4°C

Temperatura Globo (calor radiante)	
Mínima	18.4°C
Máxima	23.7°C
Promedio	19.6°C

Índice de calor	
Mínima	20.6°C
Máxima	20.6°C
Promedio	24.4°C

Humedad Relativa	
Mínima	54.0%
Máxima	65.2%
Promedio	90.0%

El índice de calor en promedio y reportado en la medición hecha durante el tiempo en que se llevó a cabo la medición fue de 24.4°C, además, la temperatura ambiente en promedio fue de 19.3°C, incluso una máxima de hasta 23.3°C. Por otra parte, con respecto a la humedad relativa reportada, el promedio fue de hasta de 90.0 %.

- Sala #2.
- Fecha: 1 de julio, 2016.
- Hora de inicio: 7:48 a. m.

Temperatura de bulbo seco (temperatura ambiente)	
Mínima	18.5°C
Máxima	23.5°C
Promedio	19.6°C

Temperatura Bulbo Húmedo (temperatura húmeda)	
Mínima	15.6°C
Máxima	17.2°C
Promedio	20.7°C



Temperatura Globo (calor radiante)	
Mínima	18.4°C
Máxima	23.7°C
Promedio	20.1°C

Índice de calor	
Mínima	20.6°C
Máxima	21.6°C
Promedio	21.4°C

Humedad Relativa	
Mínima	58.0%
Máxima	72.2%
Promedio	80.0%

El índice de calor en promedio y reportado en la medición hecha durante el tiempo en que se llevó a cabo la medición fue de 21.4°C, además, la temperatura ambiente en promedio fue de 19.6°C, incluso una máxima de hasta 23.5°C. Por otra parte, con respecto a la humedad relativa reportada, el promedio fue de hasta de 80.0%.

- Sala #1.
- Fecha: 2 de julio, 2016.
- Hora de inicio: 6:47 a. m.

Temperatura de bulbo seco (temperatura ambiente)	
Mínima	18.5°C
Máxima	22.6°C
Promedio	19.6°C

Temperatura Bulbo Húmedo (temperatura húmeda)	
Mínima	15.8°C
Máxima	18.7°C
Promedio	16.7°C

Temperatura Globo (calor radiante)	
Mínima	18.4°C
Máxima	23.1°C
Promedio	19.6°C

Índice de calor	
Mínima	20.7°C
Máxima	23.7°C
Promedio	20.6°C

Humedad Relativa	
Mínima	61.0%
Máxima	78.0%
Promedio	68.6%

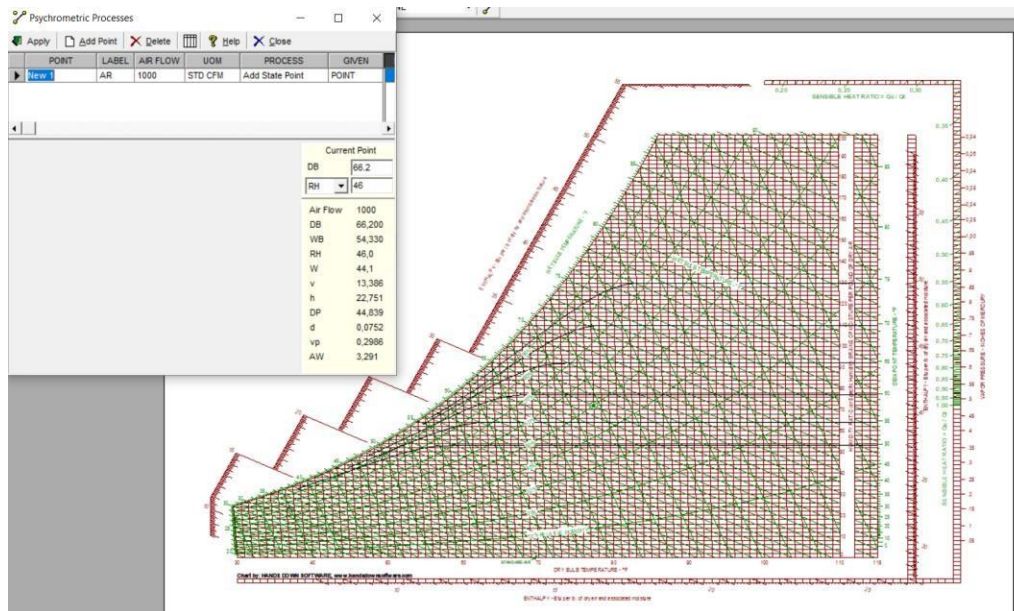
En cuanto a la temperatura ambiente y el calor radiante en poco más de 7 horas que duró la medición, el promedio fue de 19.3 y 24.4 °C respectivamente. Por otra parte, la humedad relativa en promedio fue de 68.6% y una máxima de hasta 78%.

- Conclusión.

En general, la temperatura se encuentra entre los parámetros y recomendaciones de la ACGIH (Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales); no así con la humedad relativa, ya que como se observa en su mayoría los niveles son superiores al 60%.

### 3.1.4. Condiciones de diseño para el interior del recinto

Para las condiciones de diseño fue indispensable el uso de psicometría al definir la zona de confort, esta se definió mediante las condiciones proporcionadas por la normativa para hospitales. Se estableció temperatura de bulbo seco de 19 grados Celsius para quirófanos y 21 grados Celsius para el resto de recintos, además, se utiliza una humedad relativa de 46% según dicta la norma. A partir de estos datos iniciales se emplea la carta psicométrica para obtener los valores restantes.



*Imagen 33 Carta Psicrométrica*

Fuente: Trane Industries.

Donde:

Db: Dry bulb (Bulbo seco)

DP: Dew point (Temp punto de rocío °F).

WB: Wet bulb (Bulbo húmedo)

d: Densidad.

RH: Humedad relativa

vp: presión de vapor.

W: Razón de humedad (g/lb)

AW: humedad absoluta.

V: Volumen específico

H: Entalpia (BTU/Lb).

### 3.1.5. Conducción y convección

#### a. Conducción a través estructura.

Para este punto se toman en cuenta paredes exteriores, techos, vidrios y suelos. Para el cálculo de ganancias de calor por conducción se utiliza la fórmula obtenida del libro de Pita.

$$Q = U * A * DTCE_e$$

Ecuación 1 *Ganancias de calor por conducción*

Donde:

Q= Ganancia de calor neta (Btu/h)

U= Coeficiente de transferencia de calor (Btu/h\*pie<sup>2</sup>\*ΔT °F)

A=Área (pie<sup>2</sup>)

DTCE<sub>e</sub>= Diferencia de temperatura carga de enfriamiento (°F)

#### b. Transferencia de calor en alrededores.

Este cálculo es necesario para aplicar el factor de corrección a todas las ganancias de calor sensible, ya que una parte de la energía generada internamente en el recinto se transfiere a los alrededores debido a la diferencia de temperatura que existe (transferencia de calor).

$$K = \frac{U_w A_w + U_g A_g}{L} F_c = 1 - 0.2 * K$$

Ecuación 2 *Cálculo de factor de corrección*

Donde:

U<sub>w</sub>U<sub>g</sub>=Coeficiente de transferencia de calor w: pared, g: vidrio.

A<sub>w</sub>A<sub>g</sub>= Área de pared o vidrio (pie<sup>2</sup>)

L= Longitud de pared exterior (pie)

### c. Conducción a través de vidrios.

Se tomaron valores de 1.04 de coeficiente de transferencia de calor para vidrios planos sencillos y 1.83 para vidrios tintados (polarizados), estos valores se tomaron del libro de Pita concretamente con base en las condiciones proporcionadas por las tablas A8 y 6.15. El valor de DTCE se obtuvo de la tabla 6.5 del mismo libro y se utilizó la hora solar de mayor radiación, es decir, las 14:00 horas. Este valor debe corregirse debido al almacenamiento de calor en la estructura y se hace de la siguiente forma.

$$DTCE_e = DTCE + (78 - t_R) + (t_O - 85)$$

Ecuación 3 *Corrección diferencial de conducción (vidrio)*

Donde:

DTCE<sub>e</sub>= Diferencia de temperatura carga de enfriamiento corregida (°F).

T<sub>R</sub>=Temperatura del recinto.

T<sub>O</sub>= Temperatura exterior promedio.

### d. Ganancias de calor a través de pared.

Para la pared, así como se hizo con el vidrio, se debe corregir el valor DTCE obtenido por la tabla 6.2. Es necesario llevar a cabo esta corrección para no tomar en cuenta otros almacenamientos de calor estructurales. Como esta pared es *block* más concreto se clasifica en el grupo E y utilizando la tabla 6.3 se obtiene el valor de U.

$$DTCE_e = (DTCE + LM) * K + (78 - t_R) + (t_O - 85) * Fc$$

Ecuación 4 *Corrección diferencial de conducción (pared)*

Donde:

LM= Valor obtenido en tabla 6.4, es una constante y depende de la latitud y el mes tomado de referencia para llevar a cabo el diseño.

K=Coficiente de valor 1

$T_R$ = Temperatura del recinto.

$T_O$ = Temperatura exterior promedio.

$F_c$ = Factor de corrección.

**e. Ganancias de calor a través de techos y puertas.**

El valor  $DTCE$  sale de tabla 6.1, para los techos se utiliza la tabla para techos planos y para ambas ganancias se calcula con la ecuación de paredes.

$$DTCE_e = (DTCE + LM) * K + (78 - t_R) + (t_O - 85) * F_c$$

*Ecuación 5 Corrección diferencial de conducción (pared)*

Para las puertas se utilizan los valores para puertas de metal más vidrio que se encuentran en la tabla 6.12.

**f. Ganancias de calor a través del piso.**

En este caso, al no tomar considerar particiones se tiene que cada recinto cuenta con piso de concreto. Se utiliza la siguiente ecuación y se obtiene el valor de  $U$  (coeficiente de transferencia de calor) de la tabla A.7.

$$Q = U * A * DTCE_e * F_c$$

*Ecuación 6 Ganancias de calor por conducción*

Donde:

$Q$ = Ganancia de calor neta (Btu/h).

$U$ = Coeficiente de transferencia de calor (Btu/h\*pie<sup>2</sup>\*ΔT °F).

$A$ =Área (pie<sup>2</sup>).

$DTCE_e$ = Diferencia de temperatura carga de enfriamiento (°F).

$F_c$ = Factor de corrección.

**g. Ganancias de calor a través de vidrio por radiación.**

Los datos para este cálculo se obtienen del libro de Pita en las tablas 6.6, 6.7 y 6.8.

$$Q = FGCS * A * CS * FCE$$

Ecuación 7 *Ganancia de calor por radiación*

Donde:

FGCS= Factor de ganancia de calor solar BTU<sup>2</sup>pie<sup>2</sup>

A= Área de vidrio (pie<sup>2</sup>).

CS= Coeficiente de sombra.

FCE= Factor de carga de enfriamiento (vidrio).

#### **h. Ganancias de calor por iluminación.**

Para calcular la ganancia de calor por iluminación primero se debió hacer un estudio de iluminación y rediseño, de esta forma, se obtuvieron los valores y cantidades de luminarias en cada recinto. Para reducir el consumo y la carga térmica se decidió usar tecnología LED.

$$Q_L = 3.41 * W * FB * FCE$$

Ecuación 8 *Ganancia de calor por iluminación*

Donde:

3.41= Unidad de cambio a BTU/h.

W= Capacidad (watt).

FB= Factor de balastro.

FCE= Factor de carga de enfriamiento (iluminación).

#### **i. Ganancia de calor por equipo.**

Los equipos que se encuentran en estos recintos son principalmente equipo especializado y de monitoreo, de manera que se sumó el consumo de cada uno para tener un aproximado en watt de la carga por cada recinto.

$$Q_e = 3.41 * W * FCE * Fc$$

Ecuación 9 *Ganancia de calor por equipos*

Donde:

W= Capacidad (watt).

FCE= Factor de carga de enfriamiento (equipos).

Fc= Factor de corrección.

#### **j. Ganancia de calor por ocupantes.**

Para este cálculo se debe tomar en cuenta el tipo de actividad física que llevan a cabo los ocupantes, a partir de esto se utiliza la tabla 6.11. En este caso la actividad es trabajo ligero, sentado o poco movimiento, por lo tanto, se emplea un valor de ganancia sensible de 315 y latente de 325.

$$Q_{o_s} = Q_s * n * Fc \quad Q_{o_l} = Q_l * Fc$$

Ecuación 10 *Ganancia de calor por ocupantes*

Donde:

Q<sub>s</sub>= Calor sensible (Btu/h)                      Fc= Factor de corrección.

Q<sub>l</sub>= Calor Latente (Btu/h).

N= Número de ocupantes.

### **3.1.6. Diseño eléctrico en iluminación**

#### **3.1.6.1. Justificación**

Al llevar a cabo una instalación nueva de equipos de aire acondicionado para la climatización de quirófanos y otros departamentos es necesario remover los cielorrasos y, por consiguiente, se debe desinstalar equipos de iluminación. De esta manera, para aprovechar estas condiciones, se hace un estudio para mejorar el sistema de iluminación utilizando tecnología



LED.

### **3.1.6.2. Introducción a la tecnología LED**

#### *3.1.6.2.1. Conceptos básicos*

Luz monocromática: “a diferencia de la luz blanca, que está formada por muchos componentes, la luz monocromática es aquella que está formada por componentes de un solo color. Es decir, que tiene una sola longitud de onda, correspondiente al color” (Academic, s. f., s. p.).

LED:

Es el acrónimo en inglés de *Light Emitting Diode* (diodo emisor de luz). Se trata de un dispositivo semiconductor que emite luz con una longitud de onda monocromática específica muy bien definida cuando se polariza de forma directa, pasando, por tanto, una corriente eléctrica entre sus dos extremos (Fabro y Fregoso, s. f., p. 1).

De acuerdo con Luján Montoya y Escobar Gil (2017) “es un semiconductor unido a dos terminales (ánodo y cátodo) que cuando circula corriente eléctrica produce un efecto llamado electroluminiscencia, fenómeno que transforma la energía eléctrica en radiación visible” (p. 24). Además, indican: “un diodo está compuesto por varias capas de material semiconductor, cuando se aplica corriente eléctrica al conductor se origina una fuerte corriente, generándose luz en una fina capa, llamada capa activa” (Luján Montoya y Escobar Gil, 2017, p. 25).

Entre algunas características se pueden mencionar: eficacia luminosa cuya evolución lo sitúa de 100 lm/W y la tendencia es subir hasta 200-300 lm/W, alta eficiencia de color con buena reproducción cromática de Ra=80. Además, tiene una vida útil que dura entre 50.000 y 100.000 horas, lo que significa que su funcionamiento es muy fiable, resistencia a golpes o vibraciones debido a ser tan compacto y reducido. Asimismo, tiene un bajo consumo, por este motivo, ahorra energía por la poca potencia que demanda (Luján Montoya y Escobar Gil, 2017).

#### *3.1.6.2.2. Eficiencia y ahorro*

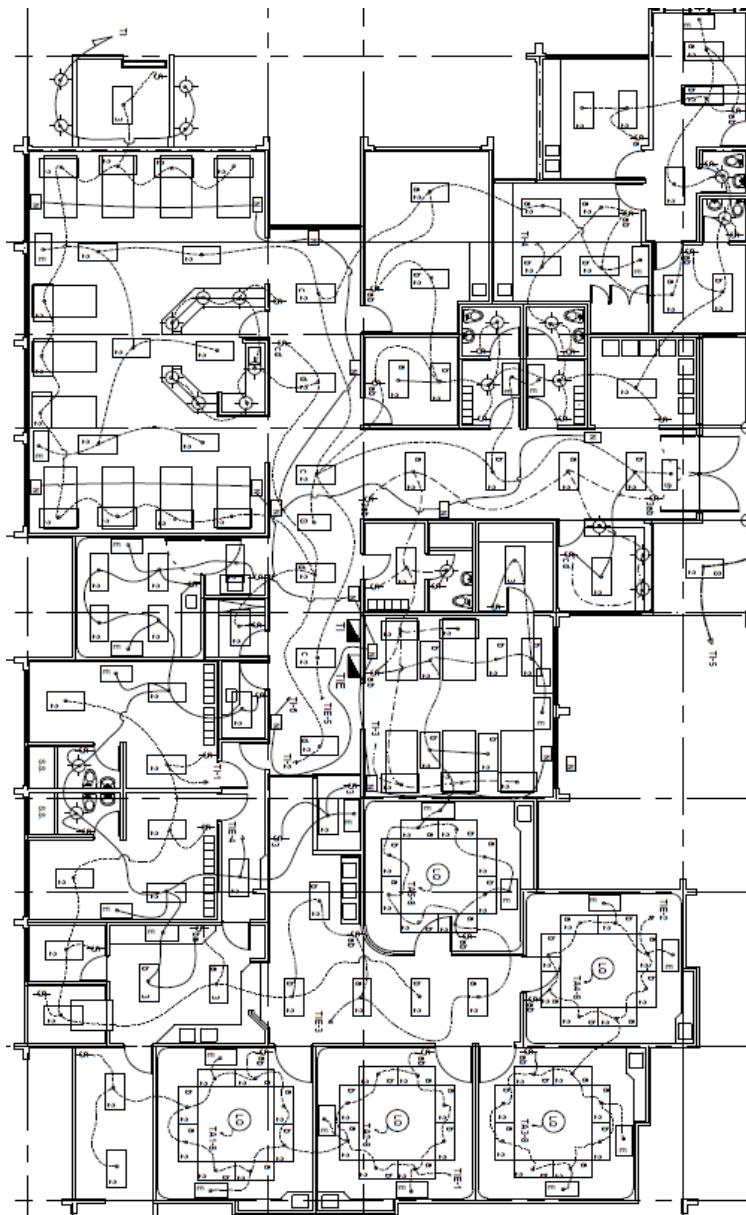
La principal característica de la tecnología LED por la que ha alcanzado los altos niveles de adopción por parte de los usuarios es la del ahorro energético. Según Pomatta (citado en

Revista Hotelería, 2017) “la tecnología LED supone desde un 60 a un 70% de reducción de consumo. Pero si incluimos sistemas de control y gestión, ese ahorro podría llegar incluso hasta un 80-90%” (s. p.).

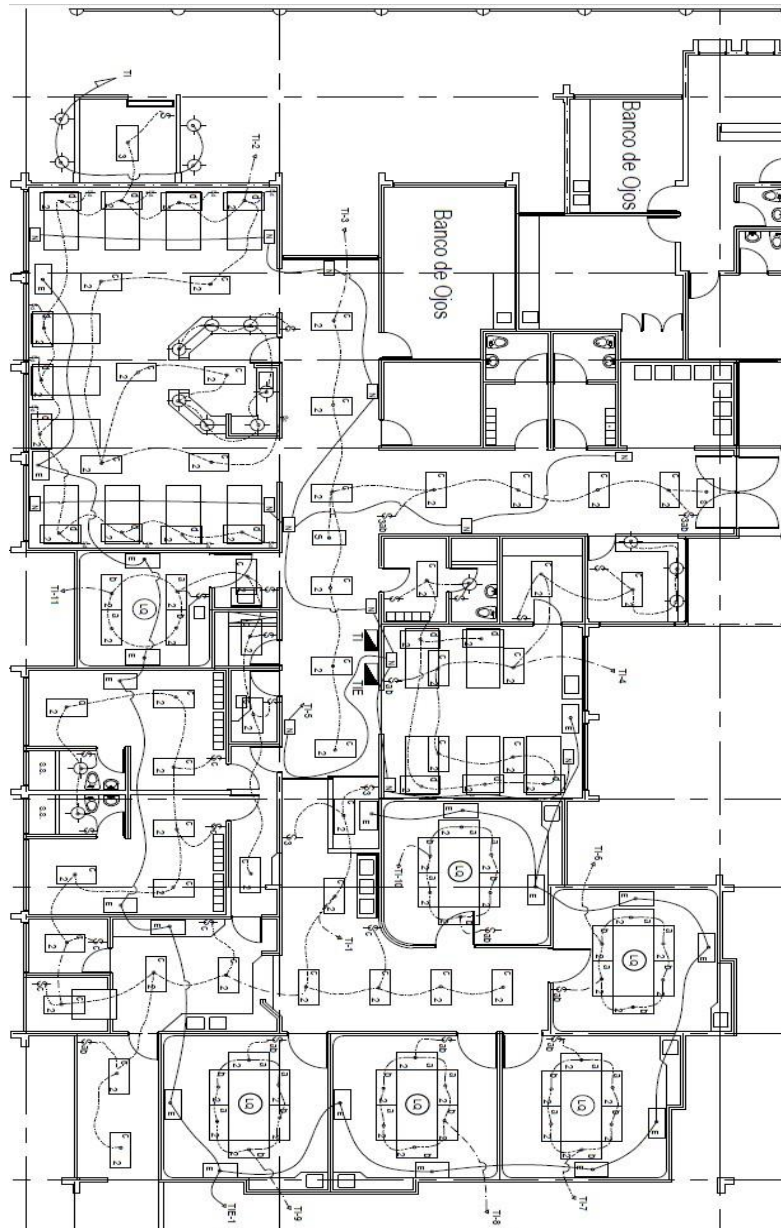
### ***3.1.6.3. Planos eléctricos***

Para la elaboración del plano eléctrico en iluminación se toma como base el plano eléctrico existente que brindó la institución, este representa la distribución de la iluminación del edificio y es un plano original aprobado por la entidad. Debido a que el plano es para cuartos de importancia y uso crítico se plantea utilizar un circuito de iluminación separado para cada departamento, a este se le hace un estudio y balanceo de las cargas eléctricas.

Para este estudio se considera utilizar lámparas con buena eficiencia, el ahorro energético y con la capacidad de brindar la iluminación requerida según norma para hospitales y cuartos limpios, siempre teniendo en cuenta un menor costo a largo plazo, de esta manera, se opta por emplear tecnología LED. El siguiente plano eléctrico lo proporcionó la clínica oftalmológica, el cual se utilizó como base para el rediseño de la nueva propuesta del sistema de iluminación.



En el diseño anterior se nota que se utiliza un mismo circuito para varios cuartos críticos, por lo que se decide separarlos debido a su importancia. Para esto se toman en cuenta posibles fallos, averías o remodelaciones del lugar, lo que evita interferencias en los demás recintos, de esta manera, se logra un diseño con un circuito para cada ramal. El siguiente plano es la nueva propuesta de diseño para la iluminación de esta área de la clínica, en este se lleva a cabo un cambio en la distribución eléctrica. Además, se evidencia la redistribución y reubicación de lámparas, así como de la eliminación de iluminación innecesaria.



En el diseño anterior se nota que el área del Banco de Ojos no se toma en cuenta para la iluminación, esto se debe a que de forma reciente esta área se renovó, tanto arquitectónica como eléctricamente. por lo tanto, tienen un sistema eléctrico actualizado. Además, a pesar de que el resto de la clínica tenga su iluminación conectada a estos tableros, la propuesta comprende reemplazar el sistema solo para el área de cirugías y lugares adyacentes, ya que estos son los lugares críticos en los que se instalarán los equipos de refrigeración. Por consiguiente, se analizan los datos del consumo de una tecnología sobre para tener una idea acerca de las

diferencias en consumo y eficiencia del área de la clínica comprendida por el proyecto, esto se refleja en los cálculos a continuación.

#### 3.1.6.4. Tablas de distribución de cargas

- LED.

Se lleva a cabo la distribución de cargas como se denota en las siguientes tablas. Esto se logra por medio de una hoja de cálculo de Microsoft Excel.

Tabla 3 Tabla de distribución de cargas 1

# de circuito	Descripción	Protección			Cable AWG #THHN			Tubería EMT-UL
		Voltaje (V)	Polos/Am pre	I nominal circuito	F	N	T	Diámetro de la tubería (mm)
1	Iluminación	120	1/20 DUAL	5,55	12	12	14	13
2	Iluminación	120	1/20 DUAL	5,63	12	12	14	13
3	Iluminación	120	1/20 DUAL	3,15	12	12	14	13
4	Iluminación	120	1/20 DUAL	3,90	12	12	14	13
5	Iluminación	120	1/20 DUAL	2,10	12	12	14	13
6	Iluminación	120	1/20 DUAL	1,80	12	12	14	13
7	Iluminación	120	1/20 DUAL	1,80	12	12	14	13
8	Iluminación	120	1/20 DUAL	1,80	12	12	14	13
9	Iluminación	120	1/20 DUAL	1,80	12	12	14	13
10	Iluminación	120	1/20 DUAL	1,80	12	12	14	13
11	Iluminación	120	1/20 DUAL	1,20	12	12	14	13
12	Iluminación emergencia	120	1/20 DUAL	0,40	12	12	14	13

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4 Tabla de distribución de cargas 2

# de circuito				Cargas (VA)				Detalles de Cargas			
	Fase A	Fase B	Potencia (VA)	FU	FD	Potencia real demandada	FA Demandada	FB Demandada	Distancia (m)	Caída de Voltaje	% CV
1	666		666	0,8	1	532,8	532,8		18	1,12	0,93%
2		675	675	0,8	1	540,0		540,0	17,5	1,10	0,92%
3	378		378	0,8	1	302,4	302,4		11	0,39	0,32%
4		468	468	0,8	1	374,4		374,4	9,5	0,41	0,35%
5	252		252	0,8	1	201,6	201,6		16	0,38	0,31%
6		216	216	0,8	1	172,8		172,8	17	0,34	0,29%
7	216		216	0,8	1	172,8	172,8		18	0,36	0,30%
8		216	216	0,8	1	172,8		172,8	9	0,18	0,15%
9	216		216	0,8	1	172,8	172,8		10	0,20	0,17%
10		216	216	0,8	1	172,8		172,8	11	0,22	0,18%
11	144		144	0,8	1	115,2	115,2		12	0,16	0,13%
12		47,5	47,5	0,8	1	38,0		38,0	20	0,09	0,07%

Fuente: elaboración propia.

Para obtener los valores de potencia real demandada se multiplican los valores de potencia, factor de uso y factor de demanda de la siguiente manera:

$$PR = P * FU * FD$$

Los cálculos de caída de voltaje se obtienen de la fórmula:

$$CV = (2 * D * 5,6 * IN) / 1000$$

El valor de 2 se debe a que la instalación es monofásica.

El valor de 5,6 se obtiene de: (conductividad)\*(área de conductor de cobre), quedando como C=56 para cobre y A=10 mm<sup>2</sup> por lo que sería (10)<sup>2</sup>/1000=0.1 y 0.1\*56=5.6.

El valor de 1000 se obtiene de la fórmula.

Tabla 5

<b>Carga por Fases (VA)</b>	<b>1872</b>	<b>1838,5</b>	<b>Carga demandada</b>	
<b>Corriente total por fase</b>	<b>15,60</b>	<b>15,32</b>	<b>1497,6</b>	<b>1470,8</b>
<b>Carga total del sistema (VA)</b>	<b>3710,5</b>		<b>2968,4</b>	

Fuente: elaboración propia.

La corriente total por fase se obtiene de dividir: carga por fase (VA)/120 V.

Tabla 6 *Corriente total por fase*

<b>Factor de demanda</b>	<b>Factor de potencia</b>	<b>Consumo de corriente total (A)</b>	<b>Calibre #</b>	<b>Caída de tensión</b>	<b>% caída de tensión total</b>
<b>0,80</b>	<b>0.95</b>	15		2,02	0,84

Fuente: elaboración propia.

Para obtener el consumo de corriente se divide: carga total de sistema (VA)/240 V.

Tabla 7 *Consumo de corriente*

<b>Carga total (KVA)</b>	<b>3710,5</b>
<b>Demanda máxima (KVA) 70%</b>	<b>2968,4</b>
<b>Factor de potencia</b>	<b>0,95</b>
<b>Voltaje Nominal de la instalación (V)</b>	<b>240</b>

Fuente: elaboración propia.

En la hoja de cálculo anterior se aprecia la distribución de las cargas eléctricas en el tablero TI de iluminación. Se necesita hacer una distribución correcta de cargas para no sobrecargar las barras de la tablero, de esta manera, se logra equiparar la carga eléctrica en ambas barras.

- Fluorescente.

En la Tabla 8 se denota el sistema de iluminación actual y las diferencias de consumo entre ambas configuraciones.

Tabla 8 *Sistema de iluminación actual y las diferencias de consumo entre ambas configuraciones*

<b>KWh anuales</b>				
<b>Lámparas</b>	<b>Watts</b>	<b>Días</b>	<b>Horas</b>	<b>Cálculo</b>
<b>91</b>	<b>36</b>	<b>260</b>	<b>16</b>	<b>13628,16</b>
<b>15</b>	<b>9</b>	<b>260</b>	<b>16</b>	<b>561,6</b>
<b>14</b>	<b>18</b>	<b>260</b>	<b>16</b>	<b>1048,32</b>
<b>19</b>	<b>2,5</b>	<b>260</b>	<b>16</b>	<b>197,6</b>
			<b>total</b>	<b>15435,68</b>

Fuente: elaboración propia.



Tabla 9

# de circuito	Descripción	Protección			Cable AWG #THHN			Tubería EMT-UL
		Voltaje (V)	Polos/Amp	I nominal circuito	F	N	T	Diámetro de la tubería (mm)
1	Iluminación	120	1/20 DUAL	8,55	12	12	14	13
2	Iluminación	120	1/20 DUAL	8,46	12	12	14	13
3	Iluminación	120	1/20 DUAL	4,82	12	12	14	13
4	Iluminación	120	1/20 DUAL	5,90	12	12	14	13
5	Iluminación	120	1/20 DUAL	2,92	12	12	14	13
6	Iluminación	120	1/20 DUAL	2,80	12	12	14	13
7	Iluminación	120	1/20 DUAL	2,80	12	12	14	13
8	Iluminación	120	1/20 DUAL	2,80	12	12	14	13
9	Iluminación	120	1/20 DUAL	2,80	12	12	14	13
10	Iluminación	120	1/20 DUAL	2,80	12	12	14	13
11	Iluminación	120	1/20 DUAL	1,87	12	12	14	13
12	Iluminación emergencia	120	1/20 DUAL	0,40	12	12	14	13
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								

Fuente: elaboración propia.

Tabla 10

# de circ	Cargas (VA)		Detalles de Cargas								
	Fase A	Fase B	Potencia (VA)	FU	FD	Potencia Real Demandada	FA Demandada	FB Demandada	Distancia	Caída de Voltaje	% CV
1	1026		1026	0,8	1	820,8	820,8		18	1,72	1,44%
2		1015	1015	0,8	1	812,0		812,0	17,5	1,66	1,38%
3	578		578	0,8	1	462,4	462,4		11	0,59	0,49%
4		708	708	0,8	1	566,4		566,4	9,5	0,63	0,52%
5	350		350	0,8	1	280,0	280,0		16	0,52	0,44%
6		336	336	0,8	1	268,8		268,8	17	0,53	0,44%
7	336		336	0,8	1	268,8	268,8		18	0,56	0,47%
8		336	336	0,8	1	268,8		268,8	9	0,28	0,24%
9	336		336	0,8	1	268,8	268,8		10	0,31	0,26%
10		336	336	0,8	1	268,8		268,8	11	0,34	0,29%
11	224		224	0,8	1	179,2	179,2		12	0,25	0,21%
12		47,5	47,5	0,8	1	38,0		38,0	20	0,09	0,07%

Fuente: elaboración propia.

Tabla 11

<b>Carga por Fases (VA)</b>	<b>2850</b>	<b>2778,5</b>	<b>Carga demandada</b>		
<b>Corriente total por fase</b>	<b>23,75</b>	<b>23,15</b>		<b>2280,0</b>	<b>2222,8</b>
<b>Carga total del sistema (VA)</b>	<b>5628,5</b>			<b>4502,8</b>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 12

<b>Factor de demanda</b>	<b>Factor de potencia</b>	<b>Consumo de corriente total (A)</b>	<b>Calibre #</b>	<b>Caída de tensión</b>	<b>% Caída de tensión total</b>
<b>0,80</b>	<b>0.95</b>	<b>23</b>		<b>2,02</b>	<b>0,84</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla 13

<b>Carga total (KVA)</b>	<b>5628,5</b>
<b>Demanda máxima(KVA) 70 %</b>	<b>4502,8</b>
<b>Factor de potencia</b>	<b>0,95</b>
<b>Voltaje Nominal de la instalación (V)</b>	<b>240</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla 14

<b>KWh anuales</b>					
<b>Lámparas</b>	<b>Watts</b>	<b>Días</b>	<b>Factor balastro</b>	<b>Horas</b>	<b>Cálculo</b>
<b>91</b>	<b>56</b>	<b>260</b>	<b>0,95</b>	<b>16</b>	<b>20139,39</b>
<b>15</b>	<b>9</b>	<b>260</b>	<b>0,9</b>	<b>16</b>	<b>505,44</b>
<b>14</b>	<b>25</b>	<b>260</b>	<b>0,9</b>	<b>16</b>	<b>1310,4</b>
<b>19</b>	<b>2,5</b>	<b>260</b>		<b>16</b>	<b>197,6</b>
				<b>total</b>	<b>22152,83</b>

Fuente: elaboración propia.

### **3.1.6.5. Comparación entre ambos métodos**

En comparación se observa la diferencia de consumos entre una tecnología y otra, mientras que el consumo obtenido con la tecnología LED es de 15435,68 KWh, el consumo con

fluorescente fue de 22152,83 KWh, esto demuestra una mejora en materia de eficiencia en el sistema de iluminación. Tomando en cuenta el precio del KWh obtenido de la página *web* de Grupo ICE, para tarifas mensuales sería:

<b>Para consumos menores o iguales que 3 000 kWh</b>	
Por cada kWh	¢ 117.93
<b>Para consumos mayores de 3 000 kWh</b>	
Cargo por energía, por cada kWh	¢ 70.56
Cargo por potencia, por cada kW	¢ 11 664.59

*Imagen 34 Costo del KWh*

Fuente: Instituto Costarricense de Electricidad.

Se obtiene que  $(22152.83 - 15435.68) = 6717.15$  KWh anuales, que  $(6717.15/12) = 559.7625$  KWh, sería  $559.7625 \times 70.56$  colones= mensual y por 12 meses = 473962,104 colones anuales aproximadamente con una vida útil de aproximadamente 8 años.

#### **3.1.6.6. Selección de luces**

En la actualidad, la clínica cuenta con luces que consumen 56 Watts, de acuerdo con el diseño anterior existen demasiados bombillos en ciertas zonas, por lo que se decidió poner menos fosforescentes por área. Los nuevos fosforescentes se escogieron con base en el catálogo de luces para uso hospitalario de la empresa de Sylvania. Para esta parte del proyecto también se llevó a cabo la selección con los parámetros de iluminación de ASHRAE para hospitales.

- Claves para la iluminación de los quirófanos:
  - Debe ser una luz blanca e intensa, es importante que el ojo humano trabaje con la luz indicada para obtener una mejor calidad de las imágenes que le permitan al doctor trabajar con una buena visión con la cual pueda desempeñarse con eficiencia y seguridad.
  - Las luces de los quirófanos deben ser potentes y no generar calor dentro del recinto.
  - Las luces LED deben tener una duración de al menos 30000 horas de vida útil.

- La elección de la iluminación debe ayudar a la vista de los doctores para evitar la fatiga ocular.

Debido a lo anterior, se seleccionaron distintas luces en diversos sectores del lugar, por ejemplo, el cuarto de recuperación requiere de luces diferentes a las de un quirófano, al igual que con demás lugares.

#### *3.1.6.6.1. Quirófanos y pasillo interno*

La cantidad de luces del quirófano es la misma, pero con otras luces, la propuesta son los LED de 36 Watts con 4980 lum. Para los quirófanos se seleccionó una luz LED diferente al resto de los lugares debido a que requiere de características distintas ante la contaminación del cuarto o bacterias que puedan pasar a través de las luces, por lo que necesita de una carcasa con filtros antibacterias.



*Imagen 35 Iluminación anterior 1*

Fuente: elaboración propia.



*Imagen 36 Iluminación anterior 2*

Fuente: elaboración propia.

Para los quirófanos se eligieron luces LED 505 IP LED con dimensiones de 1.20 m x 30 cm.



*Imagen 37 Luminaria 505 IP*

Fuente: Sylvania.

Características del LED:

- Brinda protección ante entradas de partículas polvo y líquidos, para especificar en lugares donde se requiere restricción en la cantidad de partículas según norma ISO

- 14644, class 6, 7 y 8.
- Uniones selladas con soldadura de grado alimenticio y empaque entre marco de difusor y cuerpo de la luminaria, de elastómero natural expandido, con resistencia mecánica para óptimo desempeño de sellado.
  - Con dobles externos que se anclan a la superficie, sin dejar brechas entre extremis y cuerpo de la luminaria (Sylvania Costa Rica, s. f., s. p.).

Tabla 15 *Resumen de rendimiento*

Datos técnicos	TL	TS
Índice de reproducción de color	80	80
Capacidad de atenuación	Sí	Sí
Tensión de operación	120-220 V	120-220 V
Frecuencia de operación	50/60 Hz	50/60 Hz
Factor de potencia	0.9	0.9
DAT en corrientes	20%	20%
Vida útil	L70 > 72000h (85°C)	L70 > 50 000h (85°C)
CCT disponible	4000 k, 5000 k, 6000 k	4000 k

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.6.6.2. *Luces de pasillo externo, vestidores y esterilización*

Para estos lugares la propuesta también es usar LED de hospitales, pero con especificaciones menos agresivas contra bacterias, ya que no se tiene el cuerpo del paciente abierto o en condiciones críticas en las que se pueda contaminar por una cirugía o heridas de gravedad. Con dimensiones de 1.20 m con 30 cm las luces son LED 505 de cuarto limpio.





*Imagen 38 Luminaria 505 LED*

Fuente: Sylvania.

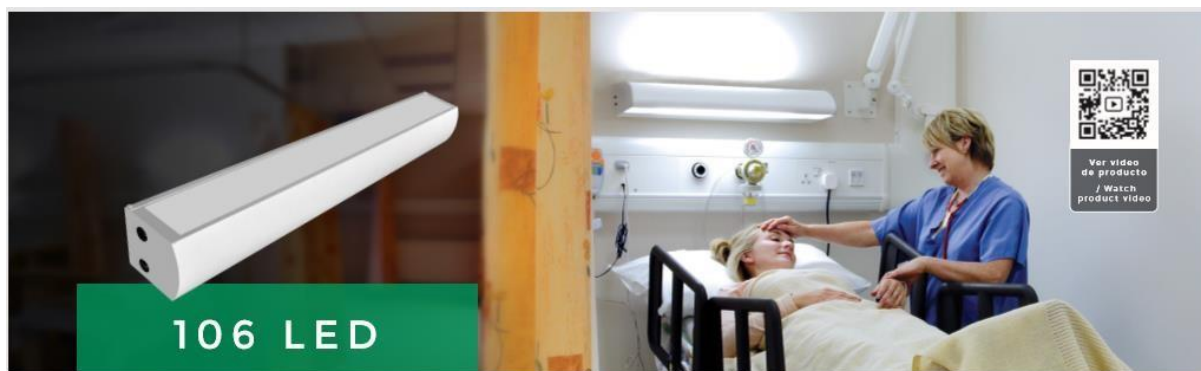
*Tabla 16 Resumen de rendimiento*

Flujo luminoso 24	700 lm (por tubo)
Flujo luminoso 48	1400 lm (por tubo)
CCT disponible	4000 k/6500 k
Frecuencia de operación	50/60 Hz
Factor de potencia	0.5/0.9
Factor de operación	120-220 V
DAT en corriente	20%
Vida útil	L70 > 25000 h – 50000 h (85°C)

Fuente: elaboración propia.

### *3.1.6.6.3. Luces de Recuperación y Preanestesia*

Estos lugares tienen una combinación de LED nuevos, ya que cuentan con los de 505 LED mostrados sobre los techos de los recintos. Además de esos se seleccionaron otros para las camillas de los pacientes (luz personal de cada camilla), este LED tiene como nombre 106 LED. Esta luz tiene la función de ayudar al doctor o a las personas enfermeras a tener una mejor visión del paciente y al monitoreo de los equipos.



*Imagen 39* Luminaria 106 LED

Fuente: Sylvania.

#### Características del LED:

- Luminaria especial de instalación sobrepuesta para cabeceras de cama en aplicaciones hospitalarias.
- Luminaria con distribución de luz directa e indirecta, operada por dos interruptores de dos posiciones.
- Consulte con su asesor comercial para obtener la opción con tomacorriente y puerto USB (Sylvania Costa Rica, s. f., s. p.).

*Tabla 17 Resumen de Rendimiento*

Datos técnicos	TL	TS
Índice de reproducción	80	>80
Capacidad de atenuación	0 – 10 V	0 – 10 V
Tensión de operación	120 – 220 V	120 – 220 V
Frecuencia de operación	50/60 Hz	50/60 Hz
Factor de potencia	0.9	0.9
DAT en corriente	≤20%	≤20%
Vida útil	L70 > 72000 h(85°C)	L70 > 50 000 h(85°C)
CCT Disponible	4000 k, 5000 k, 6500 k	4000 k

Fuente: elaboración propia.

En la actualidad, para protocolo de emergencia y la señalización se maneja con señales de aviso que cuentan con iluminación. Para el diseño de iluminación se propusieron unas luces de emergencia del catálogo de Sylvania que sean más visibles que las señales actuales, por ende, los modelos seleccionados son los siguientes:

- Luminaria emergencia E50.



*Imagen 40 Luminaria Emergencia E50*

Fuente: Sylvania.

*Tabla 18 Especificaciones fotométricas luminaria emergencia*

Características	Dato	Unidad
Flujo laminoso	210	lm
Temp de color	5700	k
Color de la luz	Blanco frío	-
ICR	$\geq 80$	%

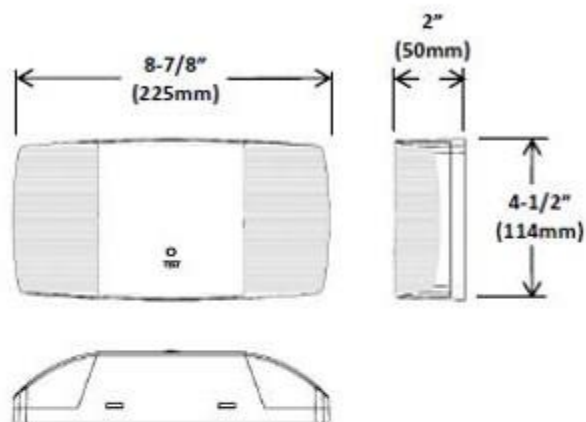
Fuente: elaboración propia.

*Tabla 19 Especificaciones eléctricas iluminaria emergencia*

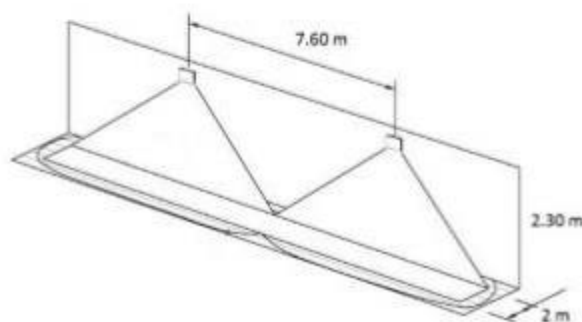
Tensión de entrada	120 a 277	V
Frecuencia	50/60	Hz
Atenuable	No	-
Tecnología de la batería	Níquel-cadmio	-
Potencia de la batería	2 W	W
Tensión batería	3.6	Vdc
Capacidad de batería	1000	mA
Tiempo de recarga	24	h
Tiempo de descarga	90	min

Fuente: elaboración propia.

## DIMENSIONES / DIMENSIONS



## ESPACIAMIENTO / SPACING



*Imagen 41* Dimensiones de Luminaria

Fuente: Sylvania.

Esta luz se seleccionó por sus características, debido a que de todas las lámparas del catálogo es la que contiene la mejor batería, además de tener la misma capacidad de iluminación que los demás tipos. Esta luminaria estará colocada en todo el edificio para que las personas tengan una buena visibilidad en el momento de evacuar, ya sea por una emergencia o por falla de la corriente en las instalaciones. En cuanto a las puertas, se colocarán letreros con las luces indicando la salida, así como el pasillo interno y externo. El nombre de esta lámpara de emergencia es Rótulo Salida E-30R.

Tabla 20 *Especificaciones Fotométricas Rótulo Salida E-30R*

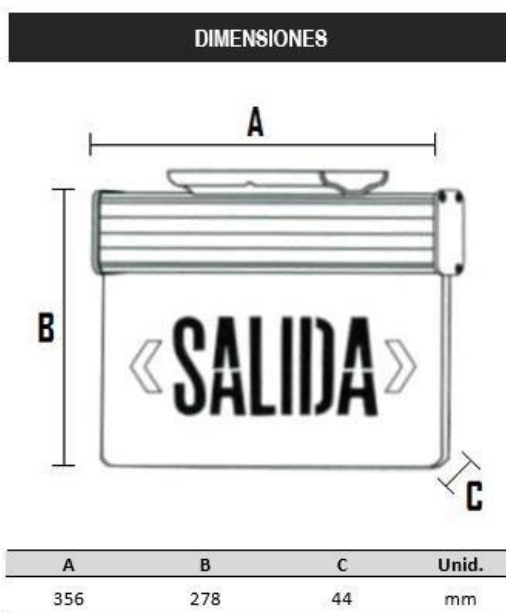
Características	Dato	Unidad
Flujo luminoso	100	lm
Color de la luz	rojo	-

Fuente: elaboración propia.

Tabla 21 *Especificaciones eléctricas Rótulo Salida E-30R*

Voltaje de entrada AC	120-277	V
Voltaje de la batería	3.6	V
Corriente de la batería	900	mAH
Frecuencia	60	Hz
Atenuable	no	-
Autonomía	90	min

Fuente: elaboración propia.

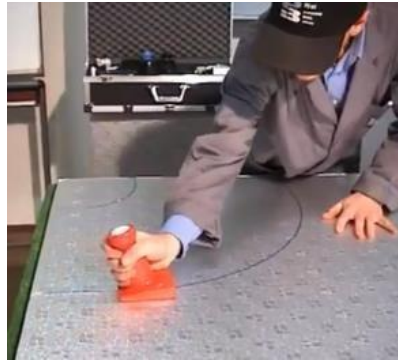
*Imagen 42* Luminaria de salida

Fuente: Sylvania.

### 3.1.7. Ductos y extractores

#### 3.1.7.1. Ductos

Se llevó a cabo un estudio de carga térmica generada por los conductos por los que transitará el aire, además de las pérdidas de presión por fricción en este tomando en cuenta pérdidas por accesorios. Se utilizará como material para conducto el P3 ductal, que posee varias ventajas en comparación con la alternativa.



*Imagen 43* Facilidad de construcción

Fuente: Corporación Altair.



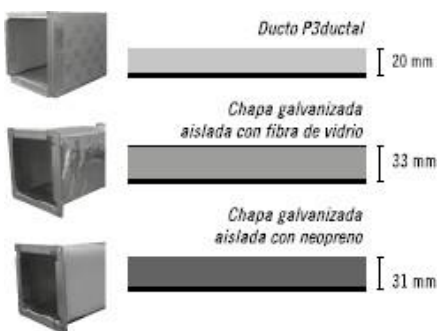
*Imagen 44* Poco peso

Fuente: Corporación Altair.



*Imagen 45 Limpieza*

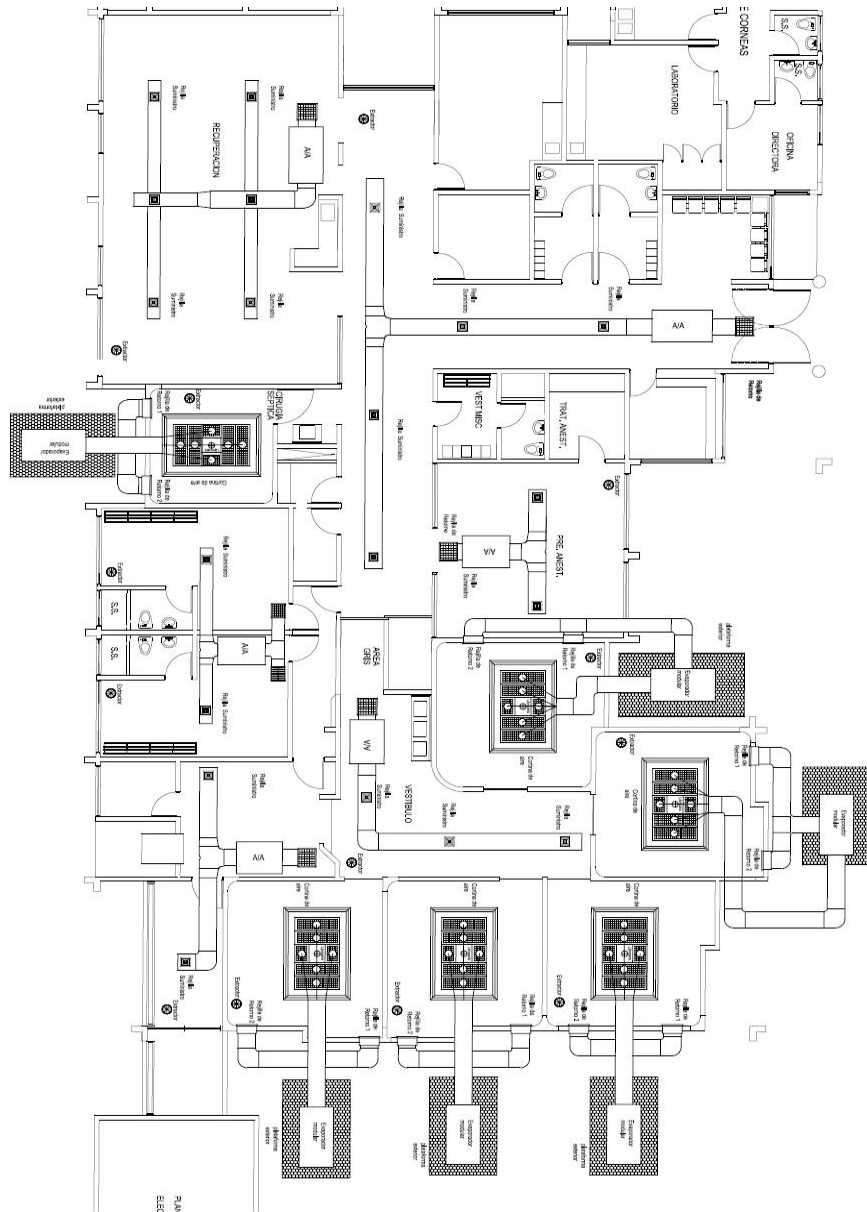
Fuente: Corporación Altair.



*Imagen 46 Aislamiento*

Fuente: Corporación Altair.

### 3.1.7.1.1. Plano de ductos



Se utilizó una memoria de cálculo de Microsoft Excel para llevar a cabo el estudio, en esta se tomó como referencia los valores en CFM (*cubic feet per minute*), obtenidos a través del cálculo de volumen como se demostró en psicrometría. De esta manera, se determinó el caudal de aire frío que necesita mover cada ducto, lo que permite establecer las dimensiones exactas del mismo. Con base en que el espacio entre el entre cielo y el techo es aproximadamente 3 metros en la zona más alta y de 40 cm en la más baja se puede utilizar gran variedad de



dimensiones de ducto. Quedando a criterio del instalador si el ducto por emplear será cuadrado o rectangular, ya que cuenta con el espacio compatible para ambas aplicaciones.

#### *3.1.7.1.2. Especificaciones de ductos*

Para la construcción de ductos se eligió el material P3 ductal, en quirófanos se escogen 2 retornos ubicados a 30 cm del suelo, se utiliza una cortina de viento con un 30 % del aire frío, además, se utilizan suministros de flujo laminar. Todo esto según especificaciones del libro HVAC para hospitales, el cual se basa en criterios como confort, seguridad (bacterias), diseño, niveles de ruido, presiones, iluminación, filtración, cumplimiento con parámetros de ASHRAE y sus requisitos para aplicaciones médicas. En quirófanos se utiliza por mayor comodidad y ahorro de espacio una máquina con la ubicación del retorno debajo de esta, de manera que el ducto de retorno sube por el cielorraso y entra directamente debajo de la máquina, mientras que el suministro sale a un costado de la misma.

Para el resto de áreas no se necesita tanto nivel de detalle en materia de filtrado y seguridad debido a que el cuerpo del paciente no se encuentra expuesto. Se toma en cuenta el confort y niveles de filtración menos agresivos, se mantiene siempre presión positiva y se cumple con normativa la ASHRAE, la cual dicta normas diferentes para cada uno de los lugares según su aplicación. En estos casos se ubica una sola rejilla de retorno cercano al retorno de la máquina y rejillas de suministro más estándares.

Los valores mostrados en la memoria de cálculo como pérdidas unitarias, presiones en terminales y pérdida de carga en ductos se obtuvieron de tabla P3 ductal del manual técnico de ductos P3. Además, se calculan velocidades según la aplicación del lugar y de tablas del libro HVAC Manual de diseño para hospitales y clínicas. Se utilizaron criterios de ruido con valores entre NC 35-40 que son los establecidos según ASHRAE para evitar ruido en las salidas de los difusores, esto se calculó tomando en cuenta datos obtenidos del libro HVAC. A continuación, se detallarán los cálculos hechos para obtener los ductos.

- Quirófanos 1, 2 y 3.

Proyecto:	Aire Acondicionado Quirófono #1,2 y 3 Clínica oftalmologica																		
Unidad Manejadora	UMA-02																		
Aire manejado:	1 200 cfm																		
Aire exterior:	240 cfm																		
Aire retorno:	960 cfm																		
Velocidad inicial:	1 000 ppm																		criterio de Ruido: NC 35-40
Pérdida Unitaria (P.U.):	0,086 pulg/100 pies																		
Presión en terminal:	0,15 pulg																		
Total Long. Equivalente:	50 pies																		
Total Pérdida de Carga en ductos:	0,04 pulg																		1,1 mm
Velocidad final:	683 ppm																		
Recuperación (Rec):	0,03 pulg																		
Presión Estática total en abanico:	0,17 pulg																		4,3 mm

Sección ducto	Caudal aire cfm	% Capac. inicial	% Área sección	Área Sección Ducto	Diámetro de conducto Equivalente	Dimensiones Cuadradas						Velocidad en ducto	Long. ducto pies	Codos		Long. Equiv. pies	Velocidad es Finales		
						pulg			mm					Cant.	Fricción				
<b>Suministro</b>																			
A-B	1 200	100%	100,0%	1,20	1,236	13,57	x	13,57	345	x	345		11,5				12	12	1 000
B-C	360	30%	37,5%	0,45	0,757	8,31	x	8,31	211	x	211		33				33	33	800
B-D	168	14%	20,5%	0,25	0,560	6,14	x	6,14	156	x	156	683	4,23				4	4	683
B-E	268	22%	20,5%	0,25	0,560	6,14	x	6,14	156	x	156	683	4,23				4	4	1 089
B-F	168	14%	20,5%	0,25	0,560	6,14	x	6,14	156	x	156	683	4,23				4	4	683
B-G	168	14%	20,5%	0,25	0,560	6,14	x	6,14	156	x	156	683	4,23				4	4	683
B-H	84	7%	11,5%	0,14	0,419	4,60	x	4,60	117	x	117		4,23				4	4	609
B-I	84	7%	11,5%	0,14	0,419	4,60	x	4,60	117	x	117		4,23				4	4	609
																			70
<b>Retorno</b>																			
A'-B'	960	100%	100,0%	0,96	1,106	12,14	x	12,14	308	x	308		22,14	2	2,05		26	26	1 000
B'-C'	480	50%	58,0%	0,56	0,842	9,24	x	9,24	235	x	235		7,05				7	7	862
C'-D'	480	50%	58,0%	0,56	0,842	9,24	x	9,24	235	x	235		11,81	1	1,16		13	13	862
																			46

Área Aproximada de Conducto pies 2	Dimensiones Rectangulares						Area mm2
	pulg			mm			
<b>Suministro</b>							
52,02	18,00	x	10,00	457	x	254	1,2500
91,41	10,00	x	6,00	254	x	152	0,4167
8,66	8,00	x	6,00	203	x	152	0,3333
8,66	8,00	x	6,00	203	x	152	0,3333
8,66	8,00	x	6,00	203	x	152	0,3333
8,66	8,00	x	6,00	203	x	152	0,3333
6,49	6,00	x	6,00	152	x	152	0,2500
6,49	6,00	x	6,00	152	x	152	0,2500
0,00							
0,00							
0,00							
<b>191,07</b>							
<b>Retorno</b>							
89,58	16,00	x	10,00	406	x	254	1,1111
21,72	10,00	x	6,00	254	x	152	0,4167
36,39	10,00	x	6,00	254	x	152	0,4167
0,00							
<b>147,69</b>							

Fuente: elaboración propia.

• Quirófano 4

Proyecto:	Aire Acondicionado Quirófano #4 Clínica oftalmológica														
Unidad Manejadora	UMA-04														
Aire manejado:	1 200	cfm													
Aire exterior:	240	cfm													
Aire retorno:	960	cfm													
Velocidad inicial:	1 000	ppm	Criterio de Ruido: NC 35-40												
Pérdida Unitaria (P.U.):	0,060	pulg/100 pies													
Presión en terminal:	0,15	pulg													
Total Long. Equivalente:	41	pies													
Total Pérdida de Carga en ductos:	0,02	pulg	0,6	mm											
Velocidad final:	609	ppm													
Recuperación (Rec):	0,03	pulg													
Presión Estática total en abanico:	0,15	pulg	3,7	mm											

Sección ducto	Caudal aire cfm	% Capac. inicial	% Area sección	Area Sección Ducto pies <sup>2</sup>	Diámetro de conducto Equivalente Pies	Dimensiones Cuadradas				Velocidad en ducto	Long. ducto pies	Codos		Long. Equiv. pies	Velocidad es Finales			
						pulg		mm				Cant.	Fricción					
<b>Suministro</b>																		
A-B	1200	100%	100,0%	1,20	1,236	13,57	x	13,57	345	x	345			30,13	1	2,05	32	1 000
B-C	360	30%	37,5%	0,45	0,757	8,31	x	8,31	211	x	211			33			33	800
B-D	168	14%	20,5%	0,25	0,560	6,14	x	6,14	156	x	156			4,23			4	683
B-E	168	14%	20,5%	0,25	0,560	6,14	x	6,14	156	x	156			4,23			4	683
B-F	168	14%	20,5%	0,25	0,560	6,14	x	6,14	156	x	156			4,23			4	683
B-G	168	14%	20,5%	0,25	0,560	6,14	x	6,14	156	x	156			4,23			4	683
B-H	84	7%	11,5%	0,14	0,419	4,60	x	4,60	117	x	117	609		4,23			4	609
B-I	84	7%	11,5%	0,14	0,419	4,60	x	4,60	117	x	117	609		4,23			4	609
<b>Retorno</b>																		
A'-B'	960	100%	100,0%	0,96	1,106	12,14	x	12,14	308	x	308			21	1	2,05	23	1 000
B'-C'	480	50%	58,0%	0,56	0,842	9,24	x	9,24	235	x	235			7,7	1	1,16	9	862
C'-D'	480	50%	58,0%	0,56	0,842	9,24	x	9,24	235		235			3,66	1	1,16	5	862

Area Aproximada de Conducto pies <sup>2</sup>	Dimensiones Rectangulares						Area mm <sup>2</sup>
	pulg			mm			
<b>Suministro</b>							
136,30	18,00	x	10,00	457	x	254	1,2500
91,41	10,00	x	6,00	254	x	152	0,4167
8,66	8,00	x	6,00	203	x	152	0,3333
8,66	8,00	x	6,00	203	x	152	0,3333
8,66	8,00	x	6,00	203	x	152	0,3333
8,66	8,00	x	6,00	203	x	152	0,3333
6,49	6,00	x	6,00	152	x	152	0,2500
6,49	6,00	x	6,00	152	x	152	0,2500
0,00							
0,00							
0,00							
275,34							
<b>Retorno</b>							
84,97	16,00	x	10,00	406	x	254	1,1111
23,73	10,00	x	6,00	254	x	152	0,4167
11,28	10,00	x	6,00	254	x	152	0,4167
0,00							
119,97							

Fuente: elaboración propia.

• Quirófano 5.

Proyecto:	Aire Acondicionado Quirófano #5 Clínica oftalmologica																					
Unidad Manejadora	UMA-05																					
Aire manejado:	1 200 cfm																					
Aire exterior:	240 cfm																					
Aire retorno:	960 cfm																					
Velocidad Inicial:	1 000 ppm																			Criterio de Ruido: NC 35-40		
Pérdida Unitaria (P.U.):	0,041 pulg/100 pies																					
Presión en terminal:	0,15 pulg																					
Total Long. Equivalente:	59 pies																					
Total Pérdida de Carga en ductos:	0,02 pulg							0,6 mm														
Velocidad final:	609 ppm																					
Recuperación (Rec):	0,03 pulg																					
Presión Estática total en abanico:	0,14 pulg							3,7 mm														

Sección ducto	Caudal aire cfm	% Capac. inicial	% Área sección	Área Sección Ducto	Diámetro de conducto	Dimensiones Cuadradas				Velocidad en ducto	Long. ducto pies	Codos		Long. Equiv. pies	Velocidades Finales		
						pulg		mm				Cant.	Fricción				
<b>Suministro</b>																	
A-B	1 200	100%	100,0%	1,20	1,236	13,57	x	13,57	345	x	345		11,7	2	2,05	16	1 000
B-C	360	30%	37,5%	0,45	0,757	8,31	x	8,31	211	x	211		33			33	800
B-D	168	14%	20,5%	0,25	0,560	6,14	x	6,14	156	x	156		4,23			4	683
B-E	168	14%	20,5%	0,25	0,560	6,14	x	6,14	156	x	156		4,23			4	683
B-F	168	14%	20,5%	0,25	0,560	6,14	x	6,14	156	x	156		4,23			4	683
B-G	168	14%	20,5%	0,25	0,560	6,14	x	6,14	156	x	156		4,23			4	683
B-H	84	7%	11,5%	0,14	0,419	4,60	x	4,60	117	x	117	609	4,23			4	609
B-I	84	7%	11,5%	0,14	0,419	4,60	x	4,60	117	x	117	609	4,23			4	609
																	74
<b>Retorno</b>																	
A'-B'	960	100%	100,0%	0,96	1,106	12,14	x	12,14	308	x	308		20,1	1	2,05	22	1 000
B'-C'	480	50%	58,0%	0,56	0,842	9,24	x	9,24	235	x	235		8,86	2	1,16	11	862
C'-D'	480	50%	58,0%	0,56	0,842	9,24	x	9,24	235		235		18,96	2	1,16	21	862
																	55

Área Aproximada de Conductos pies <sup>2</sup>	Dimensiones Rectangulares						Área mm <sup>2</sup>
	pulg			mm			
<b>Suministro</b>							
52,93	18,00	x	10,00	457	x	254	1,2500
91,41	10,00	x	6,00	254	x	152	0,4167
8,66	8,00	x	6,00	203	x	152	0,3333
8,66	8,00	x	6,00	203	x	152	0,3333
8,66	8,00	x	6,00	203	x	152	0,3333
8,66	8,00	x	6,00	203	x	152	0,3333
6,49	6,00	x	6,00	152	x	152	0,2500
6,49	6,00	x	6,00	152	x	152	0,2500
0,00							
0,00							
0,00							
<b>191,97</b>							
<b>Retorno</b>							
81,33	16,00	x	10,00	406	x	254	1,1111
27,30	10,00	x	6,00	254	x	152	0,4167
58,42	10,00	x	6,00	254	x	152	0,4167
0,00							
0,00							
0,00							
<b>167,05</b>							

Fuente: elaboración propia.

• Preanestecia.

Proyecto:	Aire Acondicionado Preanestecia Clinica oftalmologica																
Unidad Manejadora	UMA-06																
Aire manejado:	750 cfm																
Aire exterior:	130 cfm																
Aire retorno:	620 cfm																
Velocidad inicial:	1 000 ppm																
Pérdida Unitaria (P.U.):	0,060 pulg/100 pies																
Presión en terminal:	0,15 pulg																
Total Long. Equivalente:	19 pies																
Total Pérdida de Carga en ductos:	0,01 pulg					0,3 mm											
Velocidad final:	862 ppm																
Recuperación (Rec):	0,01 pulg																
Presión Estática total en abanico:	0,15 pulg					3,8 mm											
Criterio de Ruido:	NC 35-40																

Sección ducto	Caudal aire cfm	% Capac. inicial	% Area sección	Area Sección Ducto	Diametro de conducto	Dimensiones Cuadradas				Velocidad en ducto	Long. ducto pies	Codos		Long. Equiv. pies	Velocidades Finales				
						pulg		mm				Cant.	Fricción						
<b>Suministro</b>																			
A-B	750	100%	100,0%	0,75	0,977	10,73	x	10,73	273	x	273			1,85		2	2	1 000	
B-C	375	50%	58,0%	0,44	0,744	8,17	x	8,17	208	x	208			862		7	7	862	
B-D	375	50%	58,0%	0,44	0,744	8,17	x	8,17	208	x	208			862		7	7	862	
<b>Retorno</b>																			
A-B'	620	100%	100,0%	0,62	0,888	9,75	x	9,75	248	x	248			2,3	1	1,16	3	3	1 000

Area Aproximada de Conducto pies 2	Dimensiones Rectangulares							Area mm2
	pulg		mm					
	Suministro							
6,62	10,00	x	8,00	254	x	203	0,5556	
17,89	8,00	x	6,00	203	x	152	0,3333	
20,02	8,00	x	6,00	203	x	152	0,3333	
44,53	<b>Retorno</b>							
Retorno	8,00	x	6,00	203	x	152	0,3333	
7,48								
7,48								

Fuente: elaboración propia.

• Recuperación.

Proyecto:	Aire Acondicionado Recuperación Clínica oftalmologica	
Unidad Manejadora:	UMA-07	
Aire manejado:	1 900 cfm	
Aire exterior:	350 cfm	
Aire retorno:	1 550 cfm	
Velocidad inicial:	1 000 ppm	Criterio de Ruido: NC 35-40
Pérdida Unitaria (P.U.):	0,060 pulg/100 pies	
Presión en terminal:	0,15 pulg	
Total Long. Equivalente:	12 pies	
Total Pérdida de Carga en ductos:	0,01 pulg	0,2 mm
Velocidad final:	694 ppm	
Recuperación (Rec):	0,02 pulg	
Presión Estática total en abanico:	0,13 pulg	3,4 mm

Sección ducto	Caudal aire cfm	% Capac. inicial	% Area sección	Area Sección Ducto	Diametro de conducto	Dimensiones Cuadradas				Velocidad en ducto	Long. ducto pies	Codos		Long. Equiv. pies	Velocidad es Finales	
						pulg		mm				Cant.	Fricción			
<b>Suministro</b>						<b>Suministro</b>										
A-B	1 900	100%	100,0%	1,90	1,555	17,08	x	17,08	434	x	434	2,62	1	2,05	5	5
B-C	317	17%	24,0%	0,46	0,762	8,37	x	8,37	212	x	212	694			10	10
B-D	317	17%	24,0%	0,46	0,762	8,37	x	8,37	212	x	212	694			13	13
B-E	317	17%	24,0%	0,46	0,762	8,37	x	8,37	212	x	212	694			13	13
C-F	317	17%	24,0%	0,46	0,762	8,37	x	8,37	212	x	212	694			6	6
C-G	317	17%	24,0%	0,46	0,762	8,37	x	8,37	212	x	212	694			13	13
C-H	317	17%	24,0%	0,46	0,762	8,37	x	8,37	212	x	212	694			13	13
72																
<b>Retorno</b>																
A-B	1 550	100%	100,0%	1,55	1,405	15,42	x	15,42	392	x	392	4	1	1,2	5	5
1 000																

Area Aproximada de Conducto pies 2	Dimensiones Rectangulares						Area mm2
	pulg		mm				
<b>Suministro</b>							
14,91	18,00	x	10,00	457	x	254	1,2500
27,89	8,00	x	6,00	203	x	152	0,3333
35,41	8,00	x	6,00	203	x	152	0,3333
35,41	8,00	x	6,00	203	x	152	0,3333
17,68	8,00	x	6,00	203	x	152	0,3333
35,41	8,00	x	6,00	203	x	152	0,3333
35,41	8,00	x	6,00	203	x	152	0,3333
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
202,14	<b>Retorno</b>						
Retorno	14,00	x	8,00	356	x	203	0,7778
20,56							
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
20,56							

Fuente: elaboración propia.

• Cirugía séptica.

Sección ducto			Dimensiones Cuadradas			Codos			Long. Equiv.		Long. Equiv. pies	Velocidad es Finales					
Sección ducto	Caudal aire cfm	% Capac. inicial	% Area sección	Area Sección Ducto	Diámetro de conducto	pulg		mm		Velocidad en ducto	Long. ducto pies	Cant.	Fricción	Long. Equiv. pies	Velocidad es Finales		
<b>Suministro</b>																	
A-B	750	100%	100.0%	0,75	0,977	10,73	x	10,73	273	x	273			8	8	1.000	
B-C	225	30%	37.5%	0,28	0,598	6,57	x	6,57	167	x	167			33	33	800	
B-D	105	14%	20.5%	0,15	0,442	4,86	x	4,86	123	x	123			4	4	683	
B-E	105	14%	20.5%	0,15	0,442	4,86	x	4,86	123	x	123			4	4	683	
B-F	105	14%	20.5%	0,15	0,442	4,86	x	4,86	123	x	123			4	4	683	
B-G	105	14%	20.5%	0,15	0,442	4,86	x	4,86	123	x	123			4	4	683	
B-H	53	7%	11.5%	0,09	0,331	3,64	x	3,64	92	x	92	609		4	4	609	
B-I	53	7%	11.5%	0,09	0,331	3,64	x	3,64	92	x	92			4	4	609	
<b>Retorno</b>																	
A'-B'	630	100%	100.0%	0,63	0,896	9,83	x	9,83	250	x	250	2,38	1	1,47	4	4	1.000
B'-C'	315	50%	58.0%	0,37	0,682	7,49	x	7,49	190	x	190	7,9	1	1,16	9	9	862
C'-D'	315	50%	58.0%	0,37	0,682	7,49	x	7,49	190	x	190	5,47	1	1,16	7	7	862

Area Aproximada de Conducto pies <sup>2</sup>	Dimensiones Rectangulares						Area mm2
	pulg			mm			
	Suministro						
27,18	12,00	x	8,00	305	x	203	0,6667
72,27	8,00	x	6,00	203	x	152	0,3333
6,85	6,00	x	6,00	152	x	152	0,2500
6,85	6,00	x	6,00	152	x	152	0,2500
6,85	6,00	x	6,00	152	x	152	0,2500
6,85	6,00	x	6,00	152	x	152	0,2500
5,13	4,00	x	4,00	102	x	102	0,1111
5,13	4,00	x	4,00	102	x	102	0,1111
0,00							
0,00							
0,00							
<b>137,11</b>	<b>Retorno</b>						
Retorno	10,00	x	10,00	254	x	254	0,6944
7,80	8,00	x	6,00	203	x	152	0,3333
19,72							
13,65							
0,00							
0,00							
0,00							
<b>41,18</b>							

Fuente: elaboración propia.

• Esterilización.

Proyecto:	Aire Acondicionado Esterilización Clínica oftalmológica															
Unidad Manejadora	UMA-09															
Aire manejado:	560 cfm															
Aire exterior:	115 cfm															
Aire retorno:	445 cfm															
Velocidad inicial:	1.000 ppm	Criterio de Ruido: NC 35-40														
Pérdida Unitaria (PU):	0,060 pulg/100 pies															
Presión en terminal:	0,15 pulg															
Total Long. Equivalente:	38 pies															
Total Pérdida de Carga en ductos:	0,02 pulg	0,6 mm														
Velocidad final:	862 ppm															
Recuperación (Rec):	0,01 pulg															
Presión Estática total en abanico:	0,16 pulg	4,1 mm														

Sección ducto	Caudal aire cfm	% Capac. inicial	% Área sección	Área Sección Ducto	Diámetro de conducto	Dimensiones Cuadradas						Velocidad en ducto	Long. ducto pies	Codos		Long. Equiv. pies	Velocidad es Finales	
						pulg			mm					Cant.	Fricción			
<b>Suministro</b>																		
A-B	560	100%	100,0%	0,56	0,844	9,27	x	9,27	235	x	235	862	3,71	1	1,16	4	4	1.000
B-C	280	50%	58,0%	0,32	0,643	7,06	x	7,06	179	x	179	862	13,98	1	1,16	15	15	862
B-D	280	50%	58,0%	0,32	0,643	7,06	x	7,06	179	x	179	862	13,33	1	1,16	14	14	862
33																		
<b>Retorno</b>																		
A'-B'	445	100%	100,0%	0,45	0,753	8,26	x	8,26	210	x	210	862	3,36	1	1,16	5	5	1.000
5																		

Área Aproximada de Conducto pies 2	Dimensiones Rectangulares						Área mm2
	pulg			mm			
<b>Suministro</b>							
11,46	10,00	x	6,00	254	x	152	0,4167
32,90	8,00	x	6,00	203	x	152	0,3333
31,37	8,00	x	6,00	203	x	152	0,3333
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
75,74	<b>Retorno</b>						
Retorno	8,00	x	6,00	203	x	152	0,3333
9,26							
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
9,26							

Fuente: elaboración propia.



- Pasillo externo.

Proyecto:	Aire Acondicionado Pasillo Externo Clínica oftalmologica										
Unidad Manejadora	UMA-010										
Aire manejado:	1 450 cfm										
Aire exterior:	150 cfm										
Aire retorno:	1 300 cfm										
Velocidad inicial:	1 000 ppm										Criterio de Ruido: NC 35-40
Pérdida Unitaria (P.U.):	0,060 pulg/100 pies										
Presión en terminal:	0,15 pulg										
Total Long. Equivalente:	72 pies										
Total Pérdida de Carga en ductos:	0,04 pulg						1,1 mm				
Velocidad final:	741 ppm										
Recuperación (Rec):	0,02 pulg										
Presión Estática total en abanico:	0,17 pulg						4,4 mm				

Sección ducto	Caudal aire cfm	% Capac. inicial	% Área sección	Área Sección Ducto	Diámetro de conducto	Dimensiones Cuadradas						Velocidad en ducto	Long. ducto pies	Codos		Long. Equiv. pies	Velocidad es Finales		
						pulg		mm		Cant.	Fricción								
<b>Suministro</b>																			
A-B	1 450	100%	100,0%	1,45	1,359	14,92	x	14,92	379	x	379		2,55				3	3	1 000
B-C	580	40%	48,0%	0,70	0,941	10,34	x	10,34	263	x	263		23,5				24	24	833
C-D	290	20%	27,0%	0,39	0,706	7,75	x	7,75	197	x	197	741	15,8				16	16	741
C-E	580	40%	48,0%	0,70	0,941	10,34	x	10,34	263	x	263		25,81				26	26	833
<b>Retorno</b>																			
A'-B'	1 300	100%	100,0%	1,30	1,287	14,12	x	14,12	359	x	359		4,12				4	4	1 000

Área Aproximada de Conducto pies	Dimensiones Rectangulares						Área mm2
	pulg		mm				
<b>Suministro</b>							
12,68	14,00	x	8,00	356	x	203	0,7778
80,96	8,00	x	6,00	203	x	152	0,3333
40,82	6,00	x	6,00	152	x	152	0,2500
88,92	8,00	x	6,00	203	x	152	0,3333
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
223,38	<b>Retorno</b>						
Retorno	10,00	x	8,00	254	x	203	0,5556
19,40							
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
19,40							

Fuente: elaboración propia.

• Pasillo interno.

Proyecto:	Aire Acondicionado Pasillo Interno Clinica oftalmologica									
Unidad Manejadora	UMA-011									
Aire manejado:	800 cfm									
Aire exterior:	300 cfm									
Aire retorno:	500 cfm									
Velocidad inicial:	1 000 ppm									Criterio de Ruido: NC 35-40
Pérdida Unitaria (PU):	0,060 pulg/100 pies									
Presión en terminal:	0,15 pulg									
Total Long. Equivalente:	36 pies									
Total Pérdida de Carga en ductos:	0,02 pulg					0,5 mm				
Velocidad final:	812 ppm									
Recuperación (Rec):	0,02 pulg									
Presión Estática total en abanico:	0,16 pulg					4,0 mm				

Sección ducto	Caudal aire cfm	% Capac. inicial	% Area sección	Area Sección Ducto	Diámetro de conducto	Dimensiones Cuadradas				Velocidad en ducto	Long. ducto pies	Codos		Long. Equiv. pies	Velocidad es Finales	
						pulg		mm				Cant.	Fricción			
<b>Suministro</b>																
A-B	800	100%	100,0%	0,80	1,009	11,08	x	11,08	281	x	281	812	3,5		4	4 1 000
B-C	266	33%	41,0%	0,33	0,646	7,10	x	7,10	180	x	180		8	1	9	9 812
C-D	533	66%	72,5%	0,58	0,859	9,43	x	9,43	240	x	240		20,47		20	20 919
															33	
<b>Retorno</b>																
A'-B'	500	100%	100,0%	0,50	0,798	8,76	x	8,76	223	x	223		3		3	3 1 000
															3	

Area Aproximada de Conducto pies 2	Dimensiones Rectangulares						Area mm2
	pulg		mm				
<b>Suministro</b>							
12,93	16,00	x	10,00	406	x	254	1,1111
18,92	8,00	x	6,00	203	x	152	0,3333
64,38	12,00	x	8,00	305	x	203	0,6667
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
96,22	<b>Retorno</b>						
8,76	10,00	x	8,00	254	x	203	0,5556
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
8,76							

Fuente: elaboración propia.

• Vestidores.

Proyecto:	Aire Acondicionado Vestidores Clinica oftalmologica										
Unidad Manejadora	UMA-012										
Aire manejado:	500	cfm									
Aire exterior:	180	cfm									
Aire retorno:	320	cfm									
Velocidad inicial:	1000	ppm									Criterio de Ruido: NC 35-40
Pérdida Unitaria (P.U.):	0,060	pulg/100 pies									
Presión en terminal:	0,15	pulg									
Total Long. Equivalente:	31	pies									
Total Pérdida de Carga en ductos:	0,02	pulg				0,5	mm				
Velocidad final:	862	ppm									
Recuperación (Rec):	0,01	pulg									
Presión Estática total en abanico:	0,16	pulg				4,0	mm				

Sección ducto	Caudal aire cfm	% Capac. inicial	% Area sección	Area Sección Ducto	Diametro de conducto	Dimensiones Cuadradas						Velocidad en ducto	Long. ducto pies	Codos		Long. Equiv. pies	Velocidad es Finales		
						pulg		mm		Cant.	Fricción								
<b>Suministro</b>																			
A-B	500	100%	100,0%	0,50	0,798	8,75	x	8,75	223	x	223	862	1,7				2	2	1000
B-C	250	50%	58,0%	0,29	0,608	6,67	x	6,67	169	x	169	862	10,85				11	11	862
C-D	250	50%	58,0%	0,29	0,608	6,67	x	6,67	169	x	169	862	7,95				8	8	862
<b>Retorno</b>																			
A'-B'	320	100%	100,0%	0,32	0,638	7,01	x	7,01	178	x	178	862	2,5				3	3	1000
B'-C'	160	50%	58,0%	0,19	0,486	5,34	x	5,34	136	x	136	862	5				5	5	862
B'-D'	160	50%	58,0%	0,19	0,486	5,34	x	5,34	136	x	136	862	3,25				3	3	862

Area Aproximada de Conducto pies 2	Dimensiones Rectangulares						Area mm2
	pulg		mm				
<b>Suministro</b>							
4,96	10,00	x	6,00	254	x	152	0,4167
24,13	8,00	x	6,00	203	x	152	0,3333
17,68	8,00	x	6,00	203	x	152	0,3333
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
0,00							
46,77	<b>Retorno</b>						
Retorno	6,00	x	6,00	152	x	152	0,2500
5,84	6,00	x	4,00	152	x	102	0,1667
8,90	6,00	x	4,00	152	x	102	0,1667
5,78							
0,00							
0,00							
0,00							
20,52							

Fuente: elaboración propia.

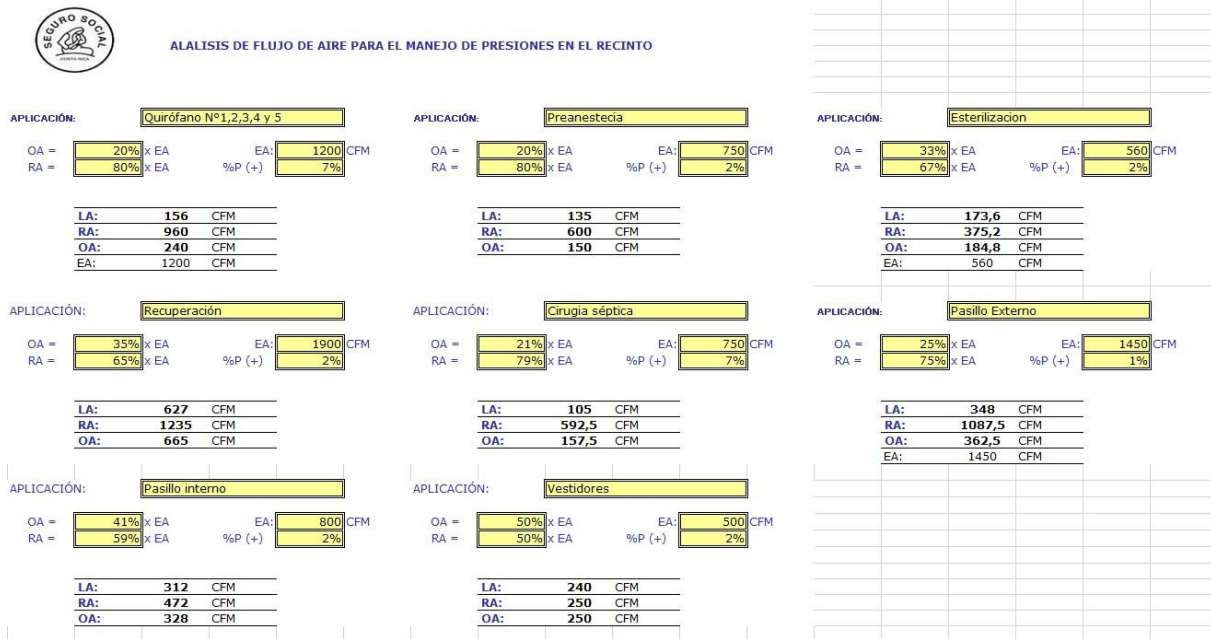








- Resumen extractores.



Fuente: elaboración propia.

### 3.1.8. Selección de difusores

#### 3.1.8.1. Quirófanos

El aire acondicionado tiene un diseño antiguo con salidas de aire que vienen del cielorraso, donde suministran el aire en conjunto con los extractores que están colocados en las paredes. Con este proyecto se diseñará un nuevo sistema de difusores pensado en la camilla del paciente y el personal en esta área de trabajo.



### 3.1.8.2. *Diseño actual*



*Imagen 47* Difusores 1

Fuente: elaboración propia.



*Imagen 48* Difusores 2

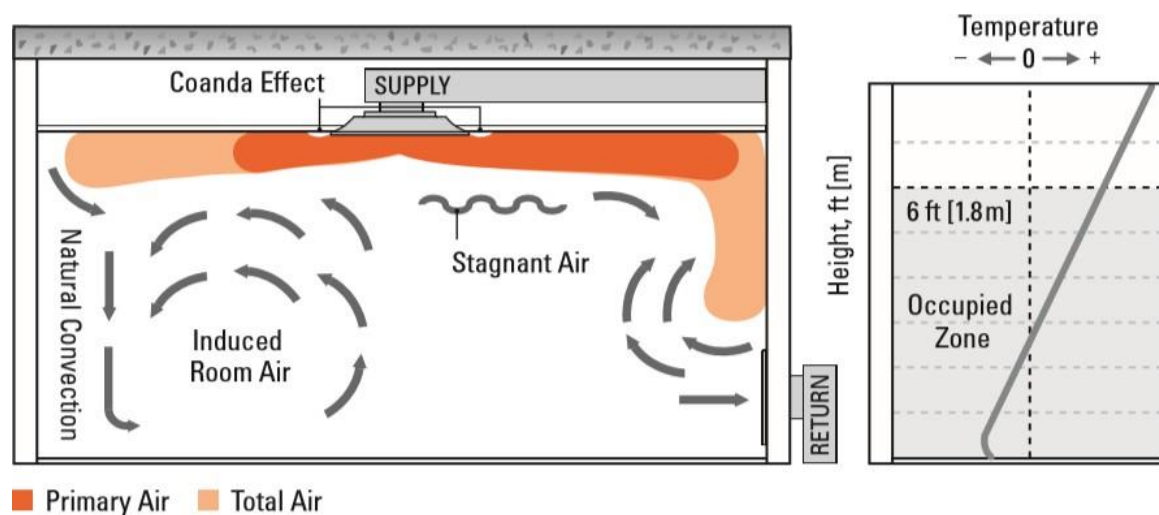
Fuente: elaboración propia.



*Imagen 49* Difusores 3

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en las imágenes anteriores en la actualidad la clínica solo cuenta con dos difusores para suministrar el aire del recinto, con este sistema las condiciones dentro del quirófano no son las adecuadas, aparte que los diseños actuales se deben mejorar constantemente. Además, con la forma actual el aire no es laminar ni se tiene un control del flujo dentro del recinto que libere el aire contaminado, sino que más bien circula de forma continua por todo el quirófano. Esto produce que el aire aumente de temperatura y humedad en el momento de trabajar en las cirugías; cabe destacar que los quirófanos de la clínica trabajan 16 horas al día con personal rotativo y todos cuentan con la misma descripción del ambiente durante cirugías. La *Imagen 50* muestra lo que pasa con el quirófano:



*Imagen 50* Suministro

Fuente: Price Industries.

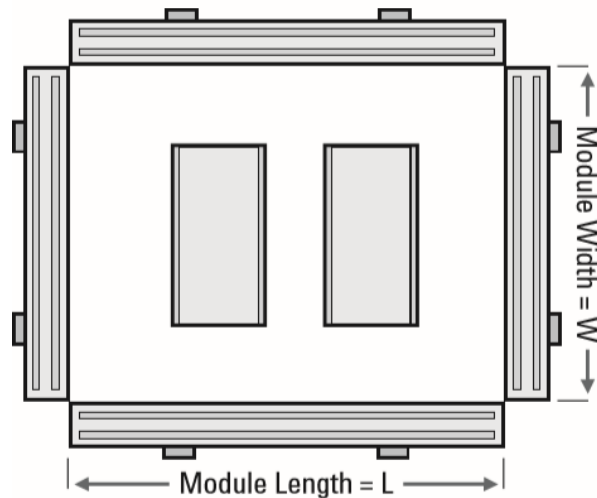
### 3.1.8.3. Propuesta del nuevo diseño

Es importante mantener el área de suministro lo más limpio posible, por eso se usará el modelo de cortina de aire con difusores, el cual genera un área de suministro completamente limpia y se garantiza una zona estéril libre de bacterias o virus que puedan afectar al paciente mientras está expuesto. Durante la investigación del diseño de los quirófanos se contempló cualquier medida de protección hacia el paciente, también en un suministro adecuado para evitar las condiciones ambientales actuales mientras se producen operaciones en los diferentes quirófanos. Por lo tanto, los factores a tomar en cuenta son temperatura, generar un flujo laminar en los diferentes quirófanos de acuerdo con su tamaño, tipo de operación y presurización.

### 3.1.8.3.1. Cortina de aire

Existen dos diseños de cortinas de aire el estilo Plenum continuo y el modular.

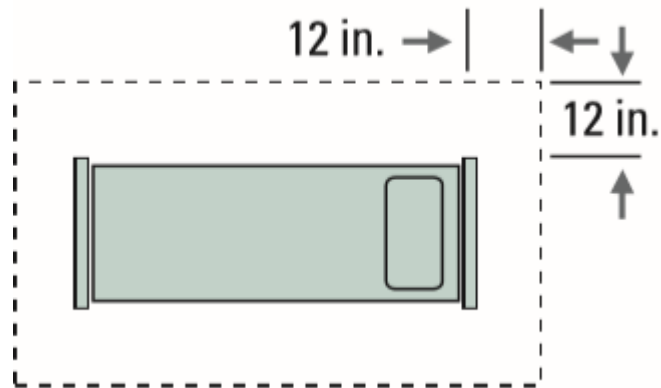
- Plenum Modular.



*Imagen 51* Cortina de aire

Fuente: Price Industries.

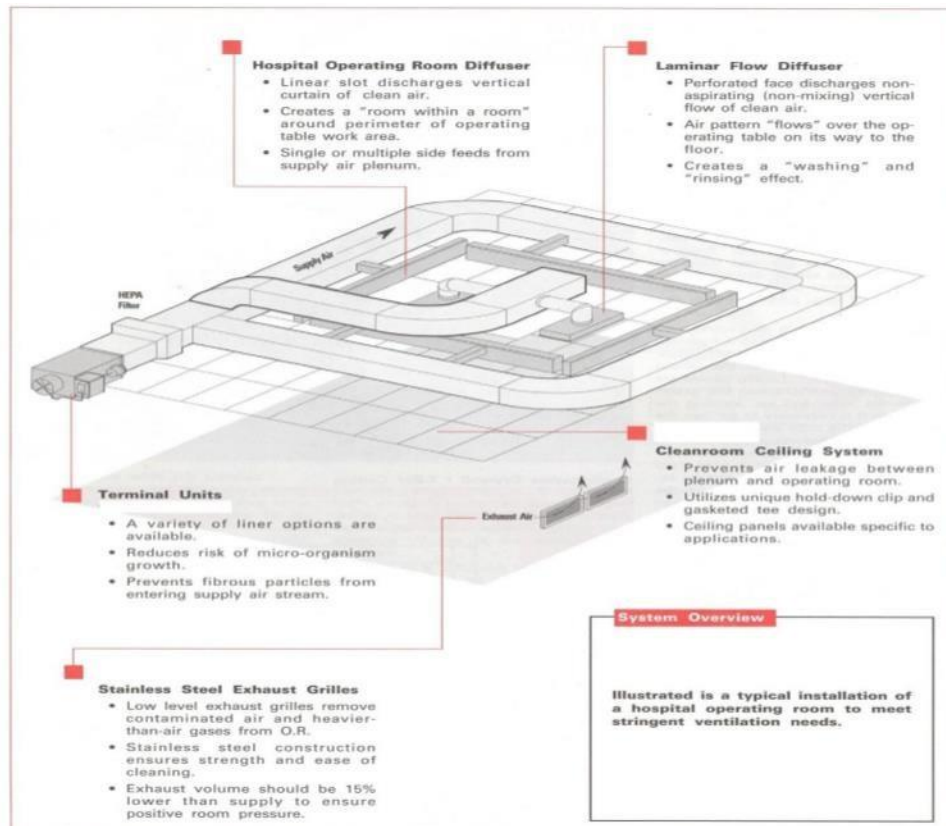
Para la clínica se seleccionó el estilo modular que ayuda a una mejor distribución del aire, este tipo ecualiza el aire de manera adecuada, por otra parte, para un buen funcionamiento debe tener una velocidad de 500 fpm. Del flujo total que llega al quirófano el 70% se va dirigido a los difusores mientras que la cortina se queda con el 30%; para las cortinas de aire el modelo seleccionado es el TBD2/3/4/8 T-Bar Diffuser. Para acoplarlo con la camilla del quirófano la medida de las cortinas es de 12 pies de largo para la que está en los costados de la camilla mientras que las que van sobre la cabeza y los pies del paciente son de 8 pies. Es importante tomar en cuenta que en las indicaciones del diseño de la cortina debe haber al menos 30 cm de diferencia, desde cualquier parte de la camilla hasta la cortina, como se observa en la *Imagen 52*.



*Imagen 52* Área de la cama

Fuente: Price Industries.

La cortina irá conectada con un ducto que proviene del principal que da la vuelta para entregar el aire de una mejor manera entre las cuatro paredes del T-Bar Diffuser. Para entenderlo mejor se presenta la *Imagen 53* que muestra la forma de conectar el ducto principal con la cortina.



*Imagen 53 Ductería*

Fuente: HVAC Holebook.

Los ductos que aparecen en la imagen estarán colocados en el cielorraso por lo que dentro no van a estorbar o robar espacio del quirófano. El TBD2/3/4/8 T-Bar Diffuser seleccionado se obtuvo del catálogo de la empresa Price Industries, el cual se aprecia en las siguientes imágenes:



*Imagen 54 Difusores*

Fuente: Price Industries.

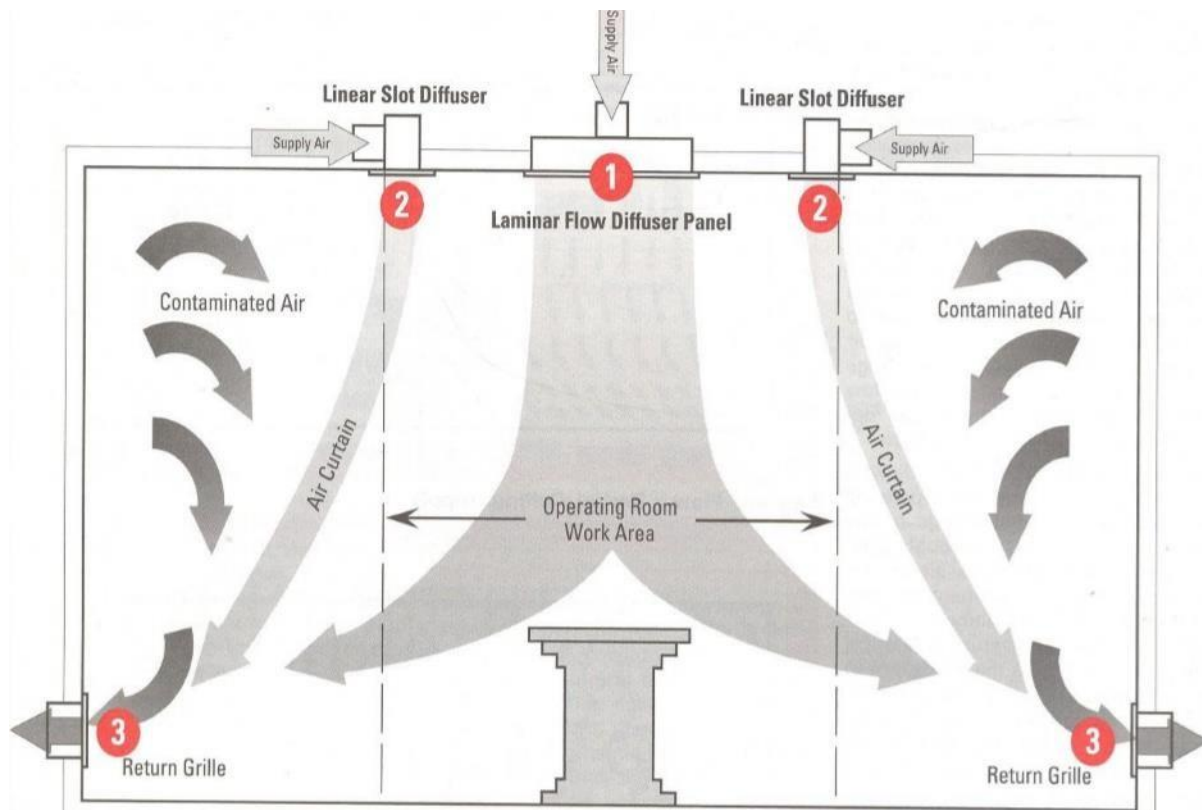


*Imagen 55 Difusores*

Fuente: Price Industries.

Estos generan un movimiento del aire alrededor del paciente de manera laminar y, al mismo tiempo, controlan la circulación del aire del recinto que impide la contaminación por

alguna bacteria o aire contaminado, como se observa en la *Imagen 56*:



*Imagen 56* Flujo Laminar

Fuente: Price Industries.

### 3.1.8.3.2. Difusores

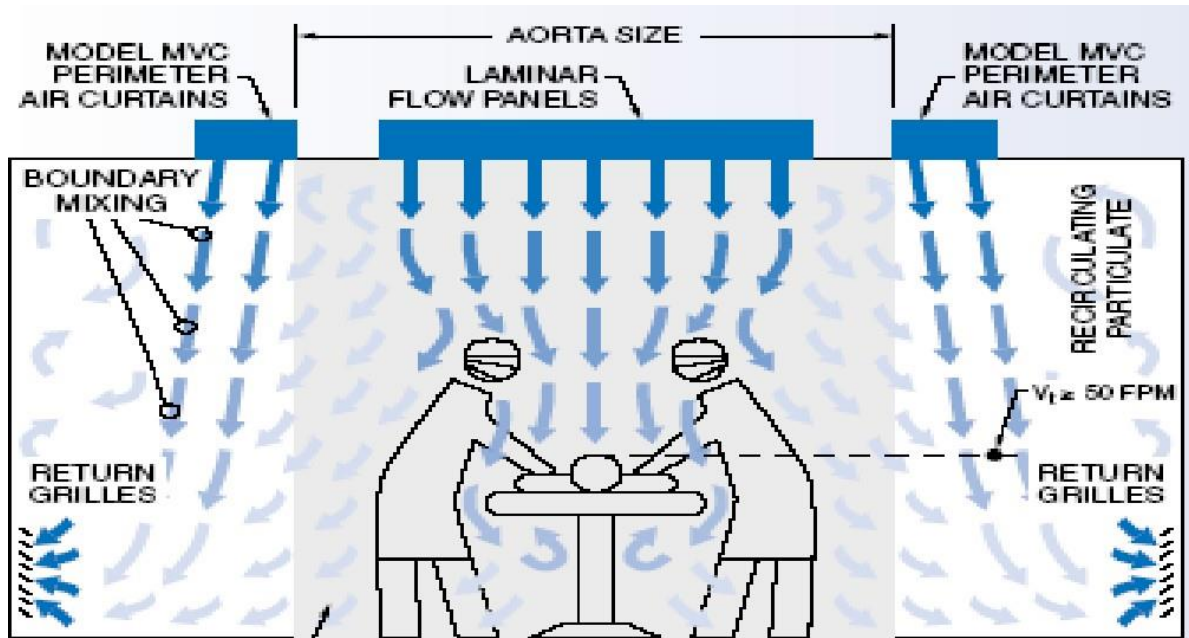
Las mediciones de las camillas son de 0.95 m (3.12 ft) y 2.10 m (6.9 ft) por lo tanto, los cálculos para quirófanos son los siguientes:

Camilla de operación:  $3.12 \text{ ft} * 6.9 \text{ ft} = 21.4 \text{ ft}^2$ .

Área del difusor primario=  $(3.12 \text{ ft} + 3.12 \text{ ft}) * (6.9 \text{ ft} + 3.12 \text{ ft}) * (1 - 0.3) = 43.8 \text{ ft}^2$ .

Por consiguiente, el área de suministro más limpia o donde existirá un flujo laminar es de  $43.8 \text{ ft}^2$ , para este cálculo también se toma en cuenta al personal de cirugía, como se ilustra en la *Imagen 57*:





*Imagen 57 Difusores*

Fuente: Price Industries.

Con este método de difusores se genera un avance de las condiciones de los quirófanos de la actualidad, en conjunto con una mejora de las instalaciones de trabajo para el personal y más seguras para el paciente, ya que se trabajará en un ambiente libre de algún tipo de agente infeccioso o aire contaminado. La escogencia de la cantidad de difusores depende del diseñador, así como de los diferentes tamaños en el catálogo. El modelo seleccionado es el Hospital Grade Laminar Flow Common Plenum: (Price Model HGPL), el diseño cuenta con seis difusores sobre la camilla que son cuatro grandes de (24 pulg x 72 pulg) y dos más pequeños de (12 pulg x 24 pulg) que están en el medio, como se muestra en la *Imagen 58*:



*Imagen 58* Difusores

Fuente: Price Industries.

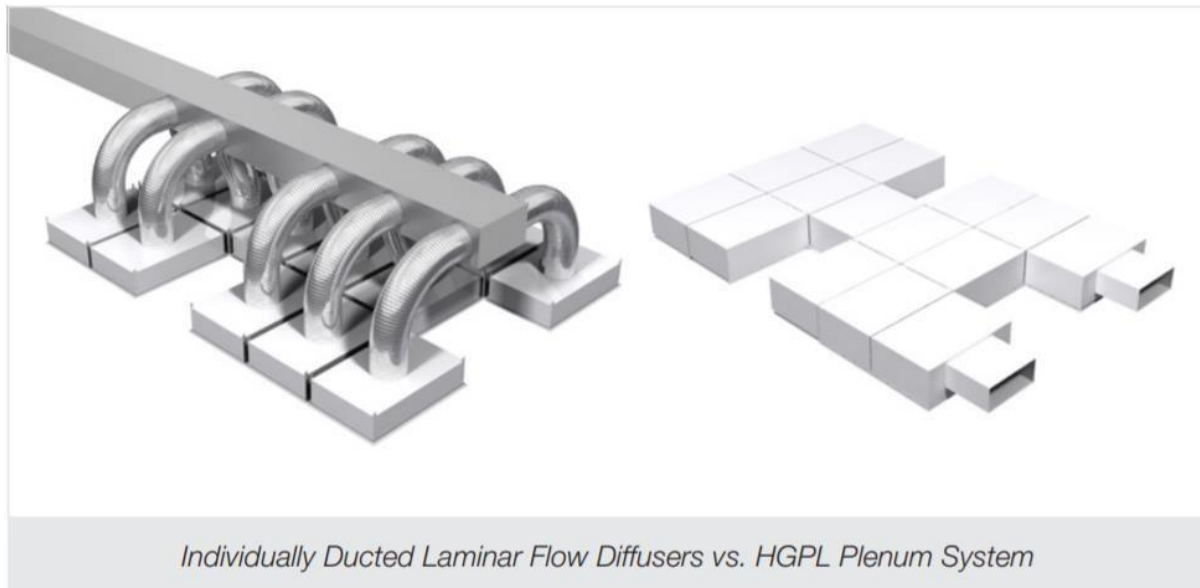
Una vez colocados en el quirófano no molestarán, ya que se encontrarán en el techo por lo que tampoco afectarán a la vista, además, los doctores pueden mover el equipo del quirófano a su gusto, ya que no se encuentran dentro del área del recinto. La forma en la que las personas normalmente los verían se muestra en la *Imagen 59*:



*Imagen 59 Difusores*

Fuente: Price Industries.

Una parte importante es la forma de alimentar los difusores, existen dos maneras para conectarlos, ya sea como difusores de flujo laminar con ductos individuales o un Sistema de Plenum HGPL que son los que se presentan en la *Imagen 60*.

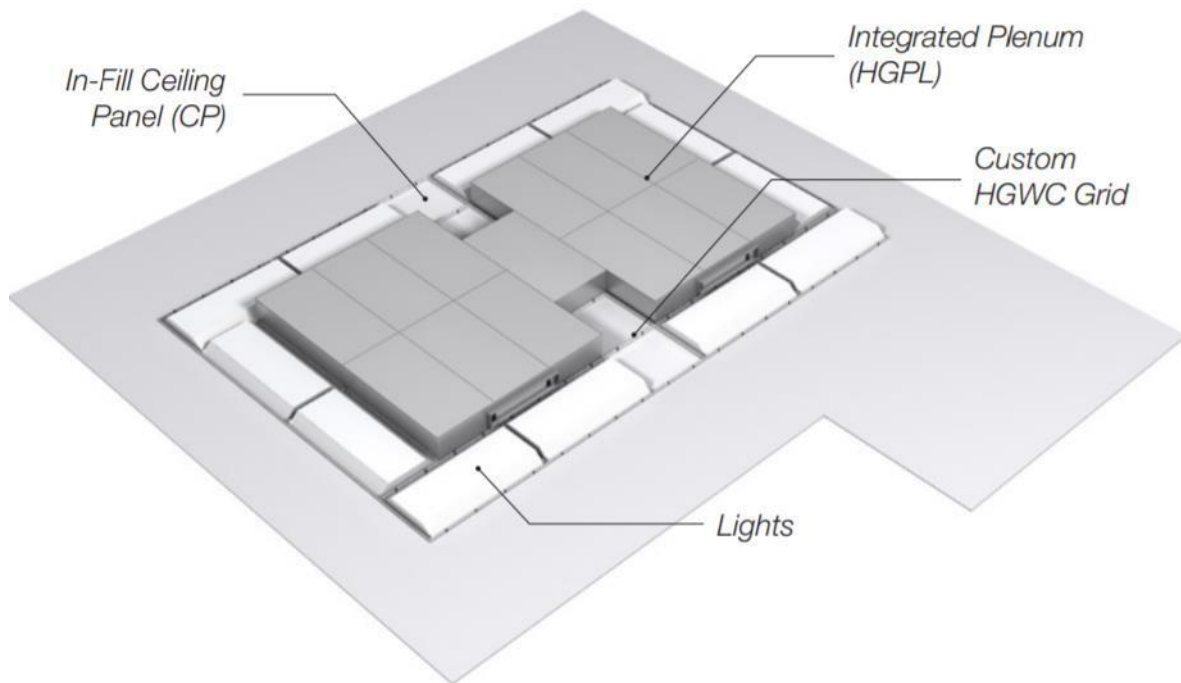


*Imagen 60 Sistema de ductos*

Fuente: Fuede: Price Industries.

Los quirófanos de la clínica no cuentan con este sistema de difusores en la actualidad, por lo que se escogió el modelo de difusores de flujo laminar con ductos individuales. El motivo es porque se colocará el sistema de refrigeración e iluminación seguido del otro, por lo que hacer la conexión de forma del HGPL Plenum generaría un problema de interferencia con las luces, por lo tanto, la conexión con el ducto principal se hará por medio de ductos frágiles. Estos ductos tienen que llevar un 70% del aire de suministro que caerá sobre el paciente y el personal de la cirugía. La colocación de los difusores no se ve comprometida con las luces del quirófano ya que están diseñados tomando en cuenta todo el trabajo hecho y que se vea ordenado. A continuación, se mostrará una imagen con los difusores instalados con luces.

- Vista desde el cielorraso.



*Imagen 61* Vista superior ductos

Fuente: Price Industries.



*Imagen 62* Difusores de flujo laminar

Fuente: Price Industries.

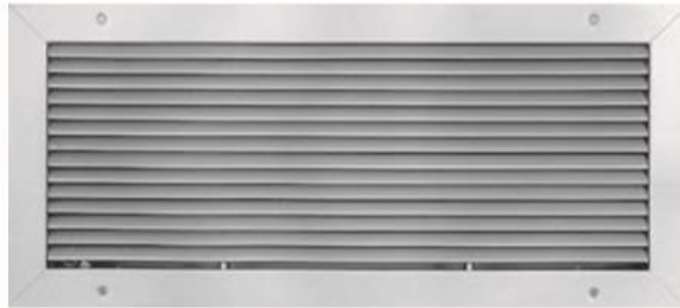
Como se observa en la imagen en la zona del centro se ven los difusores que están sobre la camilla con las luces alrededor, estas luces son las 505 IP LED, además, en la zona gris después de las luces se colocará la cortina de aire. Una vez colocados los difusores se colocarán los ductos frágiles que alimentan de forma individual.

#### *3.1.8.3.3. Rejillas de retorno*

- En los quirófanos se colocarán 2 rejillas de retorno a unos 30 cm sobre el nivel del suelo,

estas succionarán el aire contaminado del recinto, además de eliminar el que va a parar al ambiente. Además, se tomarán medidas de presión de aire para tener un quirófano positivo en cuanto a presurización. La rejilla seleccionada se muestra en la

*Imagen 61:*



*Imagen 63 Retorno*

Fuente: Price Industries.

#### *3.1.8.3.4. Pasillos internos*

Para el pasillo interno se deben tomar las medidas sanitarias correctas, ya que los pacientes salen del quirófano por lo que el nivel de seguridad de bacterias es igual al de las salas de operación. Sin embargo, las condiciones de traslado de aire dentro del pasillo no es tan severa, pues el paciente va cubierto, pero igual se maneja la temperatura del quirófano. Para esta zona se escogió un *perforated ceiling diffuser*.

Perforated ceiling diffuser



*Imagen 64 Difusores*

Fuente: Price Industries.

Esta zona tiene las mismas rejillas de retorno que los quirófanos.

### 3.1.8.3.5. Difusores de los demás lugares

Los demás lugares del edificio no tienen aire acondicionado por lo que el diseño debe ser desde cero. Para estos la idea es refrigerar las distintas zonas, sin embargo, se hizo un diseño que ayude a la circulación del aire en los diferentes sectores. Además, se optó por poner los difusores llamados *Louvered face diffuser* que manejan cuatro direcciones de aire, por otra parte, quedan en el techo y tienen cuatro configuraciones diferentes para suministrar aire.

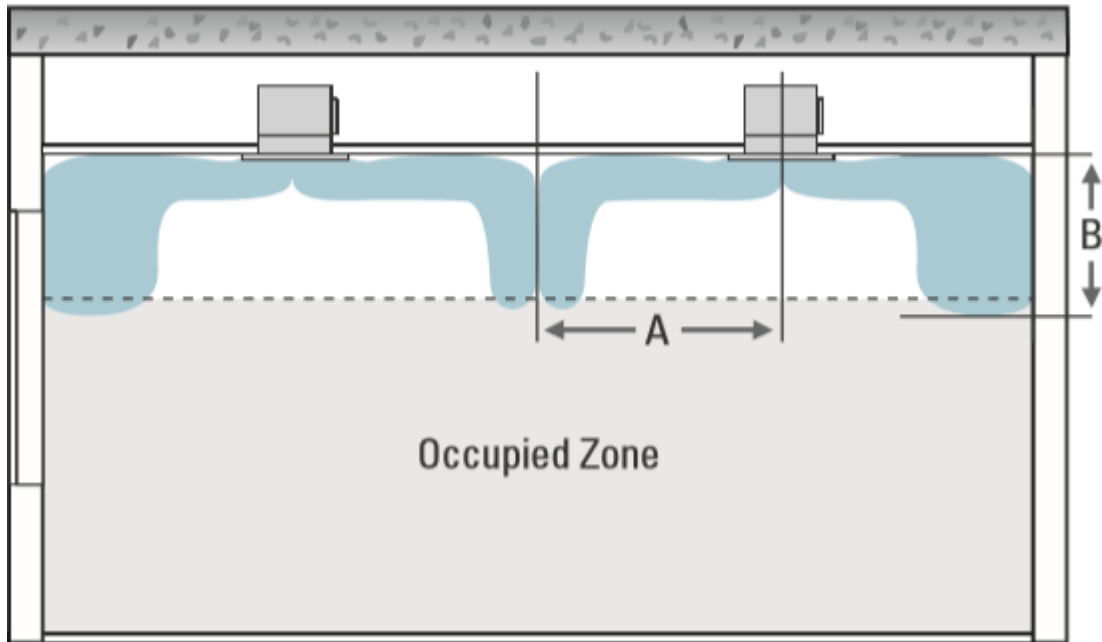


*Imagen 65* Suministro 4 vías

Fuente: Price Industries.

Dentro del edificio se planeó generar una zona de confort o patrones de comportamiento del aire, a medida que los difusores comienzan a suministrar aire el aire frío se moverá y producirá paredes o zonas de aire frío que están divididas por las mismas masas de aire que se suministra. Por lo tanto, se pretende colocar los diferentes difusores que generen un movimiento de aire uniforme dentro del recinto y que cubra la zona deseada.





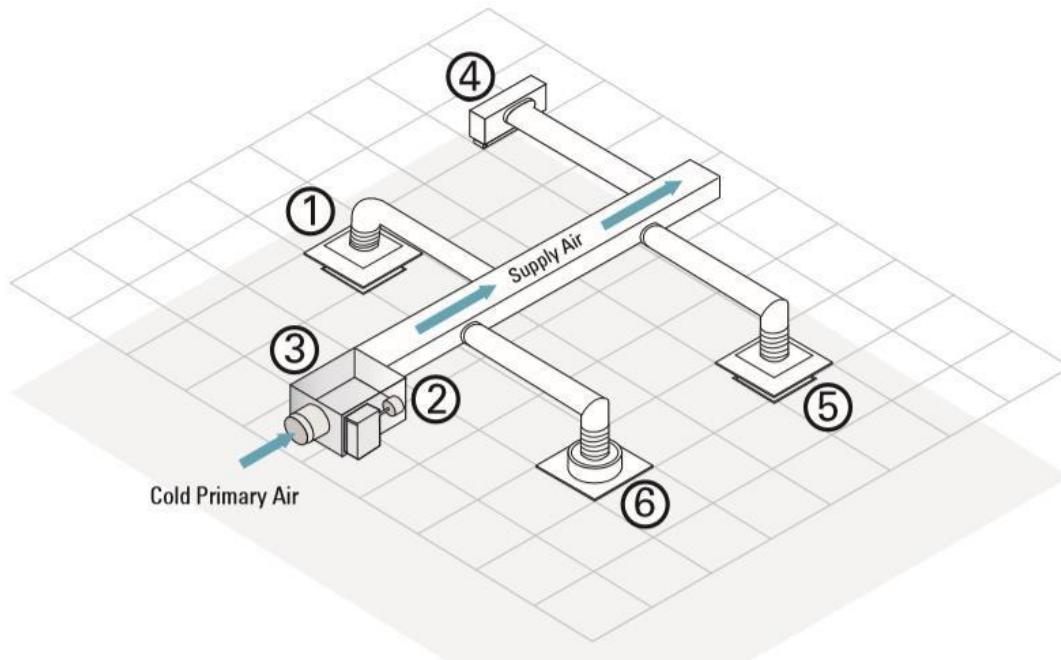
*Imagen 66 Zona de enfriamiento*

Fuente: Fuede: Price Industries.

#### *3.1.8.3.6. Recuperación*

Para recuperación se llevó a cabo un diseño diferente, debido al tamaño del lugar se escogió el modelo con cuatro difusores de salidas de aire a baja temperatura. En el mercado existen seis tipos, pero para recuperación se optó por poner el modelo cinco Difusor de placa cuadrada de baja temperatura que tiene las siguientes características:

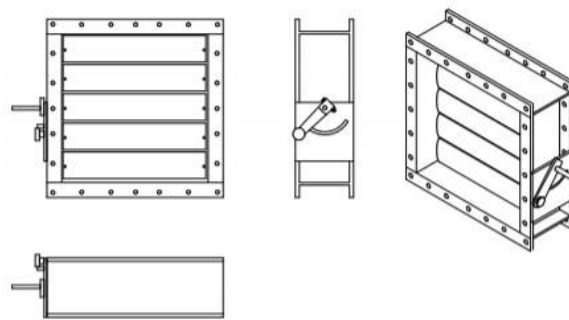
- Cámara de inducción que ayuda a bajar la temperatura del recinto y se mezcla con rapidez.
- Tiene una cara al ras que provee una arquitectura de apelación.
- Aislados y sellados de fábrica para evitar condensación.
- Forma aerodinámica del *backpam* asegura un excelente golpe de aire horizontal.



*Imagen 67 Vista superior ductos*

Fuente: Price Industries.

- Detalles.

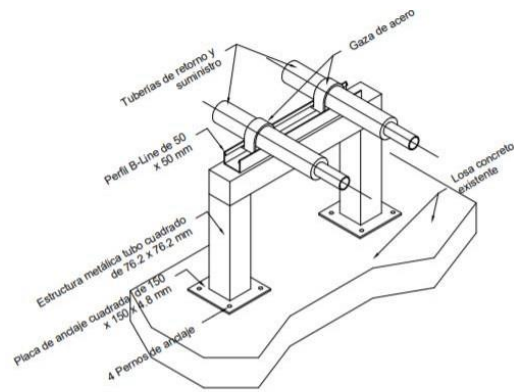


**DETALLE DAMPER HOJAS OPUESTAS**

Escala: 1 : 10

*Imagen 68 Detalle Damper hojas opuestas*

Fuente: elaboración propia.

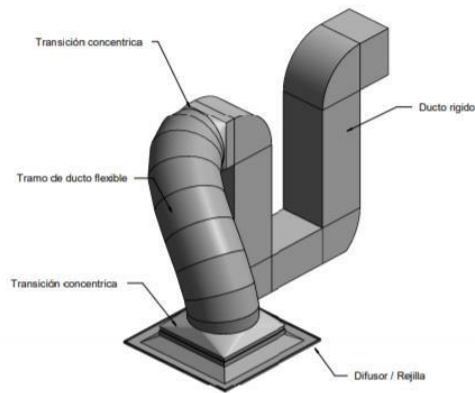


**DETALLE SOPORTE DE TUBERÍAS REFRIGERANTE**

1:10

*Imagen 69* Detalle soporte de tuberías refrigerante

Fuente: elaboración propia.



**DETALLE CONEXIÓN DUCTO FLEXIBLE**

*Imagen 70* Detalle conexión ducto flexible

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.9. Selección BMS

De acuerdo con Grundfos (s. f.):

Un BMS es una red integrada de datos y un sistema de control para automatización,

monitorización y control del HVAC, iluminación y otras funciones de un edificio.

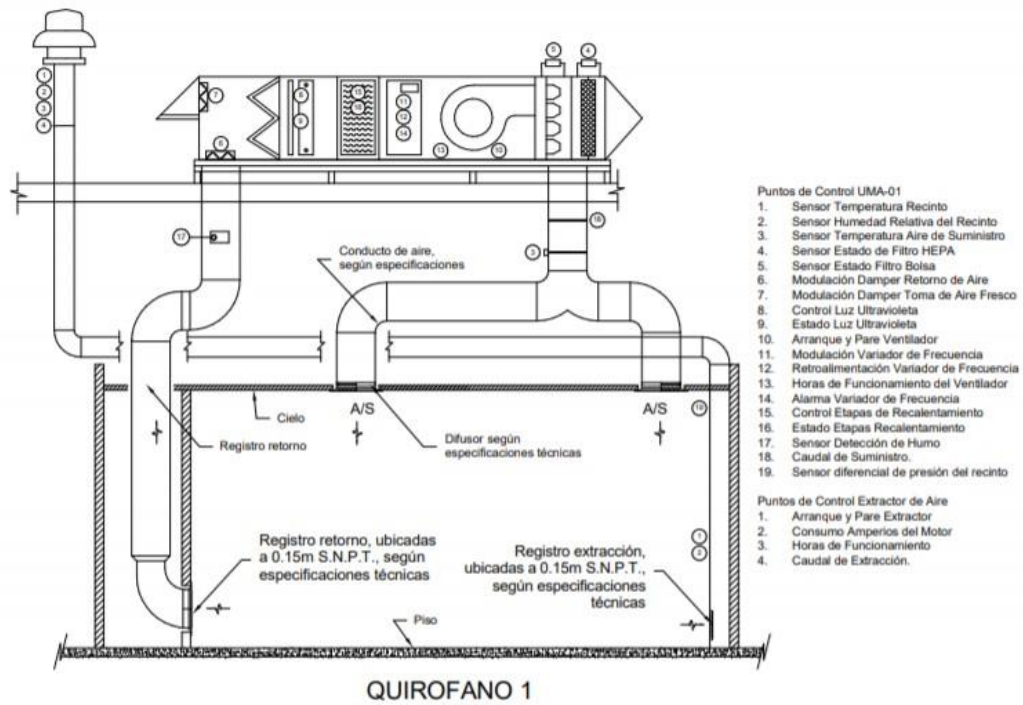
Los Sistemas de Gestión de Edificio (BMS) son redes integradas de datos y sistemas de control para automatización, monitorización y control del HVAC, iluminación y otras funciones de un edificio.

Conectando los equipos HVAC, tales como sensores, controladores, bombas y ventiladores a un BMS se podrá utilizar una aplicación informática especial para controlar las condiciones climatológicas internas de un determinado edificio.

Desde una estación de trabajo o PC dedicados se podrán controlar los cambios de los puntos de ajuste (por ejemplo, la temperatura) o la temporización de eventos. El PC puede monitorizar el estado de los componentes que se encuentren conectados para obtener una visión general de las condiciones ambientales internas del edificio. El sistema puede enviar alarmas mediante correo electrónico o mensajes SMS si se supera un valor asignado o se detiene su funcionamiento.

Del mismo modo, se podrán encender o apagar las luces a horas prefijadas y los sensores lumínicos podrán aumentar o disminuir la luz interior de las salas en función de la cantidad de luz solar detectada.

Al enlazar los sistemas lumínicos y componentes HVAC a un BMS se proporcionan unas posibilidades ilimitadas en relación con el control, ya que se podrán implementar nuevas estrategias sin más que reprogramar el software de control (s. p.).

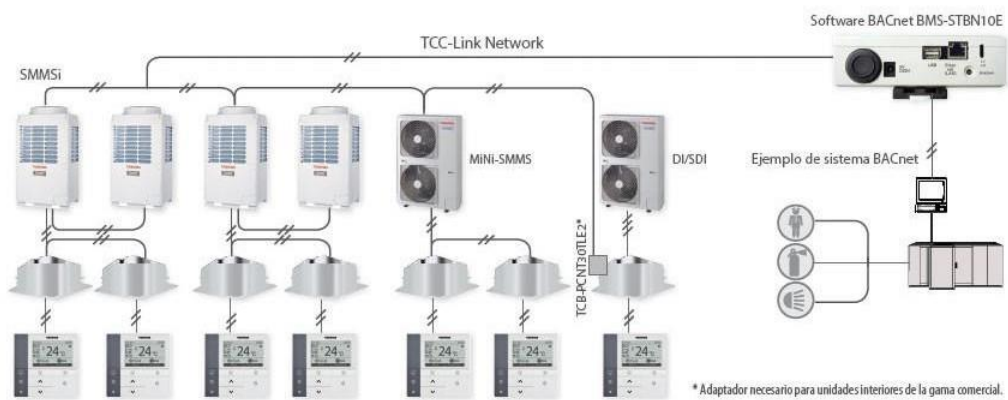
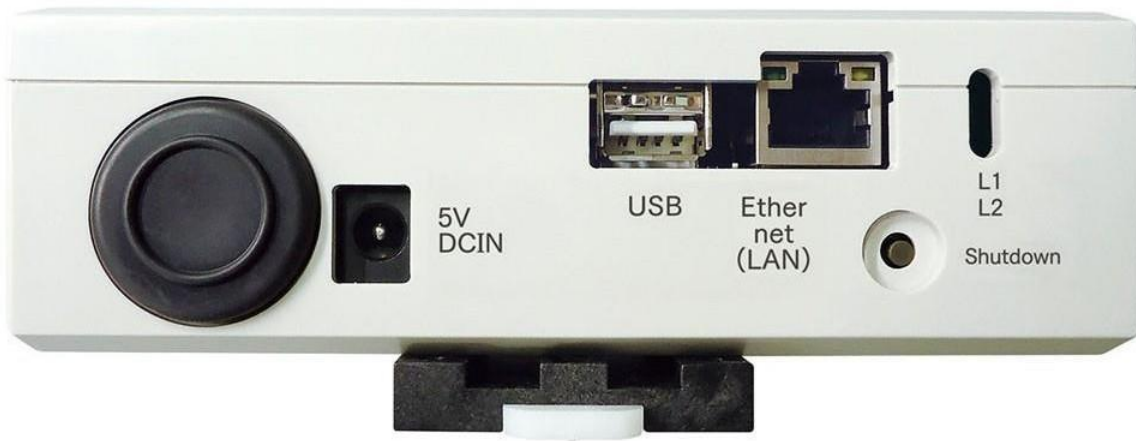


## DIAGRAMA PUNTOS DE CONTROL EN SISTEMAS AIRE ACONDICIONADO

Escala: NO APLICA

*Imagen 71* Diagrama puntos de control en sistemas de aire acondicionado

Fuente: elaboración propia.



*Imagen 72 Sistema BMS*

Fuente: Toshiba Industries.

### **3.1.9.1. Especificaciones BMS**

1. El sistema de aire acondicionado deberá contar con un sistema de control remoto y monitoreo centralizado que permita controlar y monitorear las unidades manejadoras de aire, el sistema de *chillers* y el sistema de extracción.
2. Cada unidad manejadora contará con un controlador directo digital, diseñado y fabricado para aplicaciones de aire acondicionado. En el caso de la unidad condensadora el mismo se deberá integrar en un solo sistema.
3. La operación del extractor se incluirá en el sistema de control y se verificará su estado, así como el consumo de corriente.
4. Los controladores serán programables, con las cantidades de salidas y entradas (binarias o análogas) necesarias para llevar a cabo el control y monitoreo de las unidades manejadoras y el extractor de aire.
5. Los controladores utilizarán protocolo de comunicación BACnet Ethernet o IP. Los mismos se visualizarán mediante una aplicación de Webserver a través de la red de la Unidad Usuaría.
6. Los controladores tendrán la capacidad de integrarse a otros sistemas en caso futuro de que la Unidad Usuaría cuente con un sistema de administración del edificio.
7. La aplicación *Web Server* tendrá pantallas dinámicas de los equipos en las que se observe el estado de cada uno de los elementos, las opciones de control de acuerdo con lo solicitado, registros históricos, alarmas, entre otros datos solicitados.
8. Los controladores deberán contar con memoria de almacenamiento de datos para el registro de temperaturas y fallos del sistema, entre otros.
9. Cada recinto tendrá una pantalla gráfica del equipo en la que se podrá ver el estado correspondiente de cada uno de los elementos solicitados, los gráficos deberán ser de fácil operación para el usuario.
10. Se deben incluir los siguientes puntos de control:
  - Arranque y estado de ventilador.

- Consumo de corriente del ventilador.
- Programación horaria 24 horas al día, 365 días al año.
- Control del dámper de aire fresco y retorno.
- Temperatura de suministro de aire.
- Temperatura retorno de aire.
- Temperatura de espacio.
- Humedad relativa en el recinto.
- Humedad relativa a la salida del serpentín.
- Detección de humo.
- Arranque y estado de etapas de recalentamiento.
- Arranque y estado de las lámparas ultravioletas.
- Estado de filtro MERV 17 por sensor diferencial de presión.
- Estado Filtro MERV13 por sensor diferencial de presión.
- Flujo de aire suministrado al recinto.
- Arranque y estado de la unidad condensadora.
- Estado del compresor de la unidad condensadora.
- Retroalimentación del variador de frecuencia UMAs.
- Alarma variador de frecuencia UMAs.
- Otros puntos de control que permitan observar el buen funcionamiento del sistema.

10.1. Todos los puntos de control deberán visualizarse en la pantalla de control.

10.2. El sistema de control deberá tener la capacidad de operar de manera manual o automática y deberá considerar en todo momento la protección del sistema.



### 10.3. Secuencia general del sistema:

- Cada unidad manejadora de aire deberá mantener en todo momento el caudal seleccionado, por lo que el motor del ventilador deberá variar su frecuencia con base en el grado de suciedad de los filtros.
- El control de temperatura y humedad deberá hacerse con base en el ajuste solicitado por el usuario, a la medición de temperatura del recinto y el retorno de aire. Con base en esto automáticamente deberá operar la válvula de expansión y el sistema de recalentamiento.
- El dámper ubicado en la caja de mezcla podrá operarse automáticamente desde el sistema, de manera que el usuario establezca la relación de aire de retorno y aire exterior.
- El funcionamiento del extractor deberá estar de acuerdo con el funcionamiento del ventilador de la unidad manejadora, para evitar problemas de sobrepresión.
- El sistema deberá generar las alarmas de fallo para informar al operador.
- Las etapas de recalentamiento deberán operar en caso de que en el recinto se detecte una humedad mayor a la establecida en condiciones normales de operación, cuando la temperatura a la salida del serpentín descienda por debajo de las condiciones normales de operación.
- El condensador deberá modular de acuerdo con la solicitud de las unidades manejadoras de aire, sin embargo, el control del operador no podrá ajustar parámetros de control de capacidad en este equipo.
- Se programará una secuencia en caso de incendio; el sensor de humo enviará la señal al controlador para cerrar el ducto de retorno y abrir al 100% el aire fresco.
- Todos los motores deberán tener conteo de horas de funcionamiento. Adicionalmente, la Dirección Técnica del proyecto podrá solicitar secuencias generales y se coordinará con el contratista en caso de recomendaciones hechas por el mismo para garantizar un funcionamiento óptimo del sistema.

10.4. La ubicación del controlador del equipo deberá hacerse dentro de la máquina, esta sección estará libre de humedad y polvo.

10.5. En caso de que el (los) dispositivos mencionados necesiten un sistema de protección contra variaciones de corriente, transientes, picos de voltaje, deberá incluir en su oferta el dispositivo de protección adecuado.

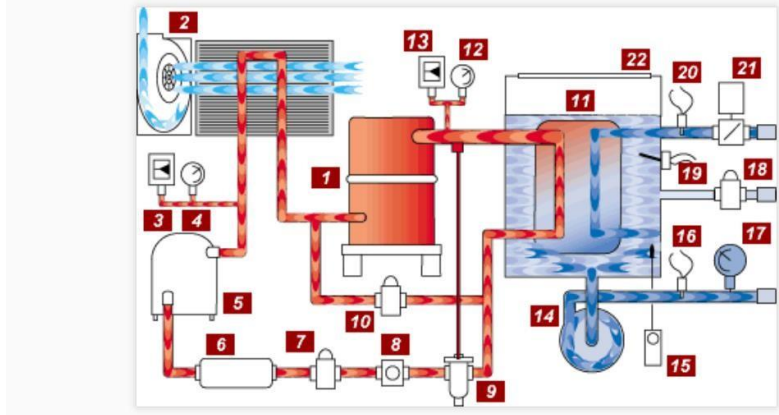
### **3.1.10. Chiller**

Se decidió utilizar como medio de enfriamiento un sistema enfriado por agua como el sistema *chiller*, debido a que este permite tener un mejor control de humedades y presiones, además significaría una gran mejora en la eficiencia del enfriamiento. Por lo tanto, se implantó un sistema de 2 *chiller* que puedan cubrir la demanda de 55 TON cada uno, de esta manera, se tendría un *chiller* que funciona regularmente y el otro de reserva. Como es un sistema hidrónico es necesario incluir un par de bombas con la suficiente fuerza para enviar el agua a todos los equipos con una presión constante, con sus variadores de frecuencia que permiten variar los parámetros de operación conforme a la carga requerida o sensada. Este sistema de *chiller* constará de varios circuitos y empleará compresores tipo *scroll* (giratorio) de velocidad variable, lo anterior por temas de eficiencia y consumo.

Se utilizará un alto índice IPLV (Integral Partial Load Value), el valor integrado a carga parcial se refiere al nivel de eficiencia de la máquina, ya que es un requerimiento de la CCSS para este proyecto.

**PARTES DEL CHILLER.**

**1. Compresor, 2. Condensador, 3. Límite de alta presión, 4. Manómetro de presión alta, 5. Receptor de líquido, 6. Filtro Secador, 7. Solenoide de línea de líquido, 8. Vista de refrigerante, 9. Válvula de expansión, 10. Válvula de derivación de gas caliente, 11. Evaporador, 12. Indicador en baja presión, 13. Límite de presión baja, 14. Bomba de refrigerante, 15. Límite de Freezestat, 16. Sonda del sensor, 17. Manómetro de refrigerante, 18. Solenoide, 19. Interruptor flotador nivel depósito, 20. La Sonda del sensor de proceso, 21. Interruptor de flujo del evaporador, 22. Depósito.**



*Imagen 73* Funcionamiento chiller

Fuente: Frigoristees.

### 3.1.10.1. Plano tubería Chiller

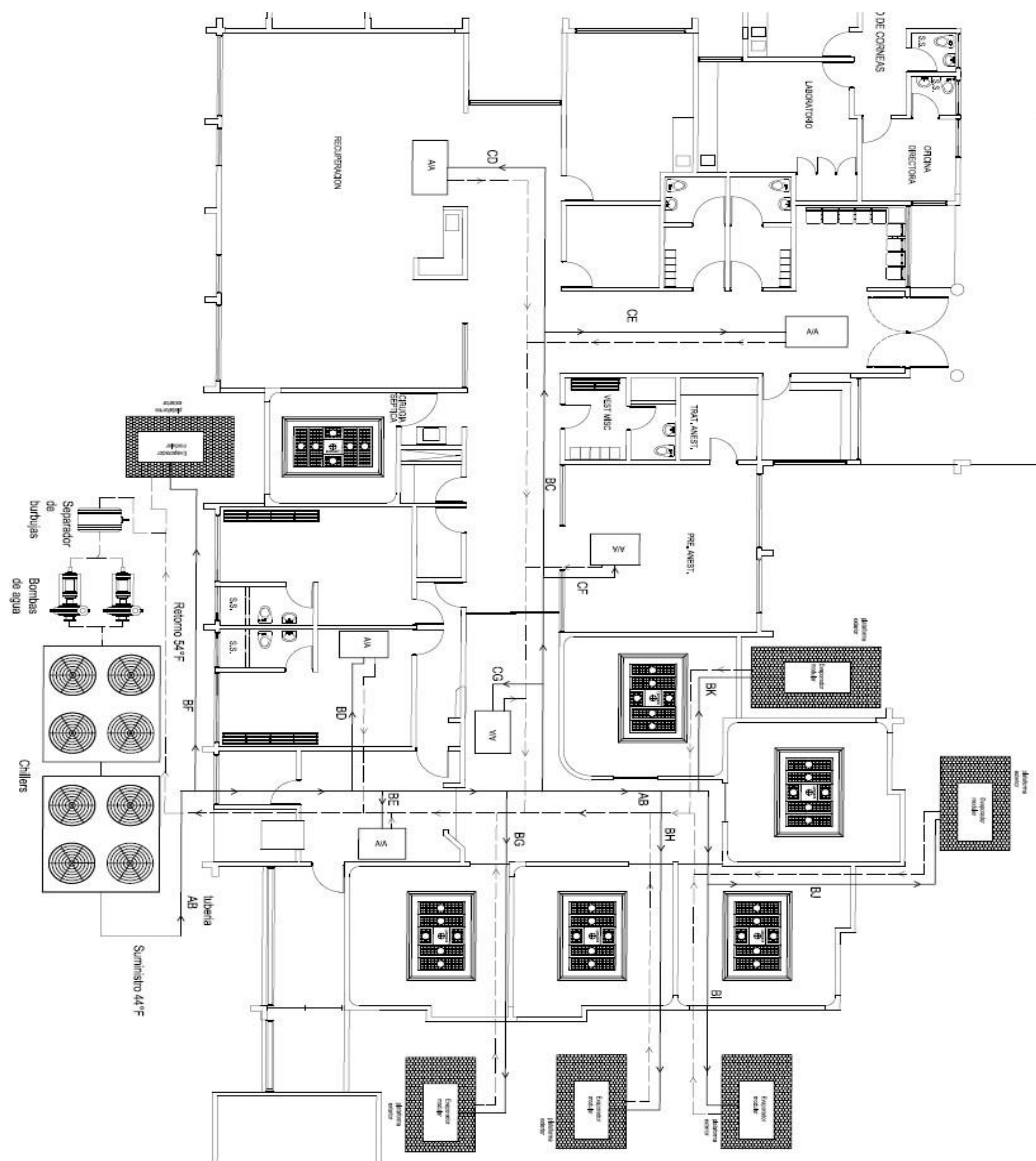


Imagen 74 Plano tubería chiller

Fuente: elaboración propia.

Resumen del *chiller*, este se calcula dejando un 30% de la capacidad del equipo para futuras expansiones, por lo que el equipo trabaja a un 70% de su capacidad.

UNIDADES MANEJADORAS							
N°	Recinto	Aire manejado, CFM	Manejo de calor, Btu/h			Flujo agua	
		Totales	Sensibles	Latentes	Total	Ton	gpm
1	UMA 1 quirófano 1	1 287	24 300	21 600	45 900	3,8	9,2
2	UMA 2 quirófano 2	1 287	24 300	21 600	45 900	3,8	9,2
3	UMA 3 quirófano 3	1 501	24 300	21 600	45 900	3,8	9,2
4	UMA 4 quirófano 4	1 751	24 300	21 600	45 900	3,8	9,2
5	UMA 5 quirófano 5	1 280	24 300	21 600	45 900	3,8	9,2
6	UMA 8 Cirugía Séptica	1 135	15 188	12 488	27 676	2,3	5,5
7	UMA 7 Preanestecia	725	15 734	9 833	25 567	2,1	5,1
8	UMA 8 Recuperación	1 927	41 726	22 183	63 909	5,3	12,8
9	UMA 9 Vestidores	489	14 024	10 487	24 511	2,0	4,9
10	UMA 10 Esterilización	562	12 465	6 635	19 100	1,6	3,8
11	UMA 11 Pasillo externo	1 447	29 803	9 754	39 557	3,3	7,9
12	UMA 12 Pasillo interno	794	17 602	17 234	34 836	2,9	7,0
Sub-total de consolas					464 656	38,7	92,9
2% ganancias de calor en red de tubería agua helada					9 293	0,8	1,9
SubTotal					473 949	39,5	95
30% para futuras ampliaciones					142 185	11,8	28
<b>Total</b>					<b>616 134</b>	<b>51,3</b>	<b>123</b>

Fuente: elaboración propia.

### 3.2. Presupuesto

Se presentaron problemas para encontrar una empresa que ayudara con el presupuesto debido a que la mayoría se encuentran haciendo teletrabajo. Además, como este es un proyecto de graduación y no un cartel de compra, la mayoría de las empresas no le dieron mucha importancia y solo brindaron especificaciones técnicas de los equipos. Debido a lo descrito se optó por llevar a cabo las cotizaciones en línea con un distribuidor directo de Carrier en el país, el cual brindó la información en cuanto a precios y servicios.

	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Total
<b>1</b>	<b>Equipos Ventilación y Aire Acondicionado</b>			
1.1	Unidad Manejadora de Aire Sala de Cirugía N°1	1	\$35 500,00	\$35 500,00
1.2	Unidad Manejadora de Aire Sala de Cirugía N°2	1	\$35 500,00	\$35 500,00
1.3	Unidad Manejadora de Aire Sala de Cirugía N°3	1	\$35 500,00	\$35 500,00
1.4	Unidad Manejadora de Aire Sala de Cirugía N°4	1	\$35 500,00	\$35 500,00
1.5	Unidad Manejadora de Aire Sala de Cirugía N°5	1	\$35 500,00	\$35 500,00
1.6	Unidad Manejadora de Aire Sala de Cirugía Séptica	1	\$27 000,00	\$27 000,00
1.7	Unidad Manejadora de Aire Pasillo externo	1	\$15 000,00	\$15 000,00
1.8	Unidad Manejadora de Aire Pasillo interno	1	\$12 000,00	\$12 000,00
1.9	Unidad Manejadora Recuperación	1	\$20 000,00	\$20 000,00
1.10	Unidad Manejadora Preanestesia	1	\$11 000,00	\$11 000,00
1.11	Unidad Manejadora Vestidores	1	\$9 000,00	\$9 000,00
1.12	Unidades Chiller (con su sistema hidraulico e hidroneumático)	2	\$65 000,00	\$130 000,00
1.13	Extractores de Aire Quirófanos	6	\$8 500,00	\$51 000,00
1.14	Extractores de Aire Preanestesia	1	\$2 000,00	\$2 000,00
1.15	Extractores de Aire Recuperación	1	\$2 000,00	\$2 000,00
1.16	Extractores de Aire Esterilización	1	\$2 000,00	\$2 000,00
1.17	Extractores de Aire pasillo interno	1	\$2 000,00	\$2 000,00
1.18	Extractores de Aire pasillo externo	1	\$2 000,00	\$2 000,00
1.19	Extractor de Aire Vestidor Salas de Cirugía	2	\$2 000,00	\$4 000,00
1.20	Sistema de Control Aire Acondicionado	Global	\$40 000,00	\$40 000,00
<b>2</b>	<b>Obras de instalación Sistema de Ventilación y Aire Acondicionado</b>			
2.1	Sistema Conductos de Aire (Materiales y Mano de Obra)	Global	\$110 000,00	\$110 000,00
2.2	Materiales de Instalación Mecánica	1	\$55 000,00	\$55 000,00
2.3	Materiales de Instalación Eléctrica	1	\$35 000,00	\$35 000,00
2.4	Mano de obra de Instalación Mecánica	1	\$60 000,00	\$60 000,00
2.5	Mano de Obra de Instalación Eléctrica	1	\$20 000,00	\$20 000,00
<b>3</b>	<b>Sistema de iluminación</b>	<b>Global</b>	<b>\$12 000,00</b>	<b>\$12 000,00</b>
<b>4</b>	<b>Entrenamiento para la operación y mantenimiento de todos los equipos de ventilación y aire acondicionado.</b>	<b>Global</b>	<b>\$2 500,00</b>	<b>\$2 500,00</b>
<b>5</b>	<b>Mantenimiento preventivo Sistema de Ventilación y Aire Acondicionado</b>			
5.1	Mantenimiento preventivo año 01	1	\$37 000,00	\$37 000,00
				\$838 000,00

### Imagen 75 Presupuesto

Fuente: elaboración propia.

#### 3.2.1. Cálculo de consumos

Debido a que el diseño actual en la clínica oftalmológica solo refrigera 6 lugares, los cuales no enfrían correctamente y no alcanzan el *set point* (la temperatura del *set*), se hizo un cálculo del consumo actual y uno con el nuevo diseño.

Consumo							
Lugar	Capacidad	Consumo (Amp)	Voltaje (V)	Horas/día	Factor de uso	Días al año	KWh
Quirófano 1	36000	22	208	16	0,9	260	17133
Quirófano 2	36000	22	208	16	0,9	260	17133
Quirófano 3	36000	22	208	16	0,9	260	17133
Quirófano 4	36000	22	208	16	0,9	260	17133
Quirófano 5	36000	22	208	16	0,9	260	17133
Cirugía Séptica	36000	22	208	16	0,9	260	17133
						Total	102795
	KWh	Precio					
	102795	70,56	¢7 253 233,83				

(Nota: la tarifa eléctrica se obtuvo de un documento de tarifas eléctricas publicada por el ICE y consultada el día 20/2/2020).

Para el nuevo diseño no solo se toman en cuenta las capacidades correctas de enfriamiento, debido a que las anteriores no son suficientes, sino también se logran refrigerar otros 6 lugares que no se contemplan en las condiciones actuales de la clínica. Además de esto, se deja un margen de un 30% de capacidad del *chiller* para cubrir posibles ampliaciones en refrigeración, este 30% equivaldría a 15 toneladas de refrigeración de aire lo que equivaldría a refrigerar ya sean 15 oficinas pequeñas o 4 quirófanos o 6 salas comunes de reuniones. Debido a lo anterior, se nota que el consumo para el nuevo diseño es mayor, pero como se indicó enfriando 6 lugares nuevos y con posibilidad de enfriar varios lugares más.





las personas encargadas de la administración de la clínica oftalmológica y jefes de medicina, quienes permitieron agendar y generar permisos para las visitas y accesos a los lugares comunes, entrecielos y lugares críticos o de difícil acceso.

### 3.4. Cronograma

N° Actividad	Inicio	Final	1-Sep	30-Sep	1-Oct	30-Oct	1-Nov	30-Nov	1-Dec	31-Dec	1-Jan	15-Jan	30-Jan	1-Feb	15-Feb	28-Feb	1-Mar	15-Mar	30-Mar	1-Apr	12-Apr	
Reunion con los ingenieros	9/7/2019	9/30/2019																				
Permiso de la Clinica	10/1/2019	10/30/2019																				
Reunion con con el Ing David	9/11/2019	4/7/2020																				
Investigacion	10/5/2019	2/28/2020																				
Hojas de calculo	11/15/2019	1/30/2020																				
Lectura de los libros y normas (ASHRAE 170)	10/1/2019	12/15/2019																				
Calculos	11/1/2019	3/15/2020																				
visita a la clinica para hacer mediciones	9/25/2019	12/22/2019																				
visualizacion de la ruta prevista	1/17/2020	2/28/2020																				
Diseño	12/15/2019	3/30/2020																				
Calulos y analisis psicrometrico	11/20/2019	1/30/2020																				
Analisis de iluminacion	12/1/2019	12/31/2019																				
Redistribucion de cargas electricas	12/1/2019	12/31/2019																				
Diseño del plano electrico en Iluminacion	1/1/2020	1/5/2020																				
Analisis y calculos de ductos	2/1/2020	3/20/2020																				
Analisis y calculos de extractores	2/1/2020	3/20/2020																				
Analisis y seleccion de rejillas de suministro y de retorno	2/1/2020	2/9/2020																				
Realizacion de plano de tuberias de agua helada	3/1/2020	3/10/2020																				
Realizacion de analisis y calculos de carga termicas	10/20/2019	2/28/2020																				
Entrega del Proyecto	9/28/2019	4/12/2020																				

Fuente: elaboración propia.

## CAPÍTULO IV.

### 4.1. Conclusiones

- Se obtuvieron los cálculos térmicos necesarios para desarrollar el proyecto por medio de cálculos de cargas térmicas y de enfriamiento.
- Se desarrolló un diseño eléctrico en iluminación que no solamente cumple con estándares internacionales para hospitales, sino que también supone un mayor ahorro energético con una mejor calidad de iluminación.
- Se designaron difusores de flujo laminar que permiten la circulación de aire frío, de manera que se distribuya correctamente el aire y retorne de la forma ideal para esta aplicación.
- Se diseñó un sistema de refrigeración en conjunto que cumple con la normativa ANSI/ASHRAE 170.
- Se seleccionaron los equipos que cumplen con las características de lo solicitado y que, además, suponen una mejora en la eficiencia del sistema de refrigeración del lugar.
- Se diseñó el sistema de ductos y se utilizó como referencia tanto el método de ducto cuadrado como rectangular; la selección le corresponde al instalador.
- Se solicitó y, posteriormente, se obtuvo un presupuesto estimado para la instalación del sistema frigorífico tomando en cuenta todos los aspectos que esta implica.

## BIBLIOGRAFÍA

- Academic. (s. f.). Velocidad de la luz en un medio material. Recuperado de:  
<https://esacademic.com/dic.nsf/eswiki/1198283>
- Aire Acondicionado. (s. f.). Calor sensible y calor latente. Recuperado de: [http://www.aire-acondicionado.com.es/calor\\_sensible-y-calor\\_latente/](http://www.aire-acondicionado.com.es/calor_sensible-y-calor_latente/)
- ANSI/ASHRAE. (2013). ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170-2013. En Ventilation of healthcare Facilities. New York: ASHRAE.
- Carrier Air Conditioning Company. (1980). Handbook of air conditioning system design. New York: McGraw-Hill book company.
- Fabro, F. y Fegroso, D. (s. f.). LEDs: Ligth-Emitting-Diodes. Recuperado de:  
[http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Antologia-EdoSol\\_30802.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Antologia-EdoSol_30802.pdf)
- Grundfos. (s. f.). BMS (Sistema de Gestión de Edificios). Recuperado de:  
<https://mx.grundfos.com/service-support/encyclopedia-search/bms-building-managementsystem.html>
- Herrero Aragón, M. (2007). Diseño de un sistema de aire acondicionado para las oficinas administrativas, y diseño de una base de datos para la bodega del Departamento de Mantenimiento. Recuperado de:  
<https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/172/Proyecto%20Practica%20de%20Especialidad%20Marcelo%20Herrero%20A.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Koegnigshofer, D., Murphy, J. y Grondzik, W. (2003). Ashrae HVAC Design Manuals for Hospitals and Clinics. Atlanta, Georgia: ASHRAE.
- Luján Montoya, L. y Escobar Gil, O. (2017). Análisis de Indicadores de Calidad y Rendimiento de Iluminación con Dialux en el Sistema de Alumbrado Público con Tecnología LED para la Ciudad de Chimbote. Recuperado de:  
<http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2649/42931.pdf?is=&sequence=1>

Moreno Estrada, V.; Obregón Centeno, D. y Obando Luna, C. (2010). Manual de ahorro Energético para Biblioteca Julio C. Buitrago Urroz. Recuperado de:  
<http://ribuni.uni.edu.ni/881/1/38115.pdf>

Pita, G., E. (1994). Acondicionamiento de Aire, Principios y sistemas. New York: John Wiley and sons Inc.

Price Industries. (2020). Price Industries. Recuperado de:  
<https://www.priceindustries.com/resources?Category=Literature>

Revista Hotelería. (2017). Más allá de la iluminación. Recuperado de:  
<http://www.revistahosteleria.com/es/notices/2017/09/mas-alla-de-la-iluminacion-65908.php>

Sylvania Costa Rica. (s. f.). 505 IP LED. Recuperado de:  
<https://sylvaniacostarica.com/producto/505-ip-led/>

Toshiba. (2020). Interface Bacnet para 64 und. Recuperado de: <https://www.toshiba-aire.es/control-centralizado-bms-bacnet-para-aire-acondicionado>

ANEXOS

Tabla 22 Diferencias de temperatura para cargas de enfriamiento (DTCE) para techos

Cielo No.	Descripción de la construcción	Hora Peso, lb/ft <sup>2</sup>	Valor de U, BTU/h Ft <sup>2</sup> ·°F	Hora solar, h																							
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
				Sin cielo raso suspendido																							
i.	Lámina de metal con aislamiento de 1 o 2 in	7 (8)	0.213 (0.124)	1	-2	-3	-3	-5	-3	6	19	34	49	61	71	78	79	77	70	59	45	30	18	12	8	5	3
ii.	Madera de 1 in con aislamiento de 1 in	8	0.170	6	3	0	-1	-3	-3	-2	4	14	27	39	52	62	70	74	74	70	62	51	38	28	20	14	9
iii.	Concreto ligero de 4 in	18	0.213	9	5	2	0	-2	-3	-3	1	9	20	32	44	55	64	70	73	71	66	57	45	34	25	18	13
iv.	Concreto pesado de 2 in con aislamiento de 2 in	29	0.206 (0.122)	12	8	5	3	0	-1	-1	3	11	20	30	41	51	59	65	66	66	62	54	45	36	29	22	17
v.	Madera de 1 in con aislamiento de 2 in	19	0.109	3	0	-3	-4	-5	-7	-6	-3	5	16	27	39	49	57	63	64	62	57	48	37	26	18	11	7
vi.	Concreto ligero de 6 in	24	0.158	22	17	13	9	6	3	1	1	3	7	15	23	33	43	51	58	62	64	62	57	50	42	35	28
vii.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 1 in	13	0.130	29	24	20	16	13	10	7	6	6	9	13	20	27	34	42	48	53	55	56	54	49	44	39	34
viii.	Concreto ligero de 8 in	31	0.126	35	30	26	22	18	14	11	9	7	7	9	13	19	25	33	39	46	50	53	54	53	49	45	40
ix.	Concreto pesado de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	52 (52)	0.200 (0.120)	25	22	18	15	12	9	8	8	10	14	20	26	33	40	46	50	53	53	52	48	43	38	34	30
x.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 2 in	13	0.093	30	26	23	19	16	13	10	9	8	9	13	17	23	29	36	41	46	49	51	50	47	43	39	35
xi.	Sistema de terrazas de techo	75	0.106	34	31	28	25	22	19	16	14	13	13	15	18	22	26	31	36	40	44	45	46	45	43	40	37
xii.	Concreto pesado de 6 in con aislamiento de 1 o 2 in	75 (75)	0.192 (0.117)	31	28	25	22	20	17	15	14	14	16	18	22	26	31	36	40	43	45	45	44	42	40	37	34
xiii.	Madera de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	17 (18)	0.106 (0.078)	38	36	33	30	28	25	22	20	18	17	16	17	18	21	24	28	32	36	39	41	43	43	42	40
				Con cielo raso suspendido																							
i.	Lámina de acero con aislamiento de 1 o 2 in	9 (10)	0.134 (0.092)	2	0	-2	-3	-4	-4	-1	9	23	37	50	62	71	77	78	74	67	56	42	28	18	12	8	5
ii.	Madera de 1 in con aislamiento de 1 in	10	0.115	20	15	11	8	5	3	2	3	7	13	21	30	40	48	55	60	62	58	51	44	37	30	37	25
iii.	Concreto ligero de 4 in	20	0.134	19	14	10	7	4	2	0	0	4	10	19	29	39	48	56	62	65	64	61	54	46	38	30	24
iv.	Concreto pesado de 2 in con aislamiento de 1 in	30	0.131	28	25	23	20	17	15	13	13	14	16	20	25	30	35	39	43	46	47	46	44	41	38	35	32
v.	Madera de 1 in con aislamiento de 2 in	10	0.083	25	20	16	13	10	7	5	5	7	12	18	25	33	41	48	53	57	57	56	52	46	40	34	29
vi.	Concreto ligero de 6 in	26	0.109	32	28	23	19	16	13	10	8	7	8	11	16	22	29	36	42	48	52	54	54	51	47	42	37
vii.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 1 in	15	0.086	34	31	29	26	23	21	18	16	15	15	16	18	21	25	30	34	38	41	43	44	44	42	40	37
viii.	Concreto ligero de 8 in	33	0.093	39	36	33	29	26	23	20	18	15	14	14	15	17	20	25	29	34	38	42	45	46	45	44	42
ix.	Concreto pesado de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	53 (54)	0.128 (0.090)	30	29	27	26	24	22	21	20	20	21	22	24	27	29	32	34	36	38	38	38	37	36	34	33
x.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 2 in	15	0.072	35	33	30	28	26	24	22	20	18	18	18	20	22	25	28	32	35	38	40	41	41	40	39	37
xi.	Sistema de terrazas de techo	77	0.082	30	29	28	27	26	25	24	23	22	22	22	23	23	25	26	28	29	31	32	33	33	33	33	32
xii.	Concreto pesado con aislamiento de 1 a 2 in	77 (77)	0.125 (0.088)	29	28	27	26	25	24	23	22	21	21	22	23	25	26	28	30	32	33	34	34	34	33	32	31
xiii.	Madera de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	19 (20)	0.082 (0.064)	35	34	33	32	31	29	27	26	24	23	22	21	22	22	24	25	27	30	32	34	35	36	37	36

Fuente: Edward Pita, 1994.

Tabla 23 *Diferencias de temperatura para cargas de enfriamiento (DTCE) para paredes*

Latitud norte, orientación de pared	Hora solar, h																								Hora de la DTCE máxima	DTCE mínima	DTCE máxima	Diferencia de DTCE	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24					
Paredes grupo A																													
N	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	2	10	14	4		
NE	19	19	19	18	17	17	16	15	15	15	15	15	16	16	17	18	18	18	19	19	20	20	20	22	15	20	5		
E	24	24	23	23	22	21	20	19	18	18	18	19	19	20	21	22	23	24	24	25	25	25	25	22	18	24	6		
SE	24	23	23	22	21	20	20	19	18	18	18	18	18	19	20	21	22	23	24	24	24	24	24	23	14	20	6		
S	20	20	19	18	18	17	16	16	15	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	20	22	23	24	25	25	24	17	25	8
SW	25	25	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	17	17	17	18	19	20	22	23	25	26	26	26	1	18	27	9	
W	27	27	26	26	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	18	18	18	19	20	22	23	25	26	26	1	14	21	7	
NW	21	21	21	20	20	19	19	18	17	16	16	15	15	14	14	15	15	15	16	17	18	19	20	21	1	14	21	7	
Paredes grupo B																													
N	15	14	14	13	12	11	11	10	9	9	9	8	8	9	9	10	11	12	13	14	14	15	15	15	24	8	15	7	
NE	19	18	17	16	15	14	13	12	12	13	14	15	16	17	18	19	19	20	20	21	21	21	20	20	21	12	21	9	
E	23	22	21	20	18	17	16	15	15	15	15	17	19	21	22	24	25	26	26	27	27	26	25	24	20	15	27	12	
SE	23	22	21	20	18	17	16	15	14	14	15	16	18	20	21	23	24	25	26	26	26	26	25	24	21	14	26	12	
S	21	20	19	18	17	15	14	13	12	11	11	11	11	12	14	15	17	19	20	21	22	22	22	21	23	11	22	11	
SW	27	26	25	24	22	21	19	18	16	15	14	14	13	13	14	15	17	20	22	25	27	28	28	28	24	13	28	15	
W	29	28	27	26	24	23	21	19	18	17	16	15	14	14	14	15	17	19	22	25	27	29	29	30	24	14	30	16	
NW	23	22	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	12	11	12	13	15	17	19	21	22	23	23	24	11	23	12		
Paredes grupo C																													
N	15	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	8	8	9	10	12	13	14	15	16	17	17	16	22	7	17	10		
NE	19	17	16	14	13	11	10	10	11	13	15	17	19	20	21	22	22	23	23	23	23	22	21	20	20	10	23	13	
E	22	21	19	17	15	14	12	12	12	13	16	19	22	24	26	28	29	29	29	29	28	27	26	24	19	12	30	18	
SE	22	21	19	17	15	14	12	12	12	13	16	19	22	24	26	28	29	29	29	28	27	26	24	19	12	29	17		
S	21	19	18	16	15	13	12	10	9	9	9	10	11	14	17	20	22	24	25	26	25	25	24	22	20	9	26	17	
SW	29	27	25	22	20	18	16	15	13	12	11	11	11	13	15	18	22	26	29	32	33	33	32	31	22	11	33	22	
W	31	29	27	25	22	20	18	16	14	13	12	12	12	13	14	16	20	24	29	32	35	35	35	33	22	12	35	23	
NW	25	23	21	20	18	16	14	13	11	10	10	10	10	11	12	13	15	18	22	25	27	27	27	26	22	10	27	17	
Paredes grupo D																													
N	15	13	12	10	9	7	6	6	6	6	6	7	8	10	12	13	15	17	18	19	19	18	+16	21	6	19	13		
NE	17	15	13	11	10	8	7	8	10	14	17	20	22	23	23	24	24	25	25	24	23	22	20	18	19	7	25	18	
E	19	17	15	13	11	9	8	9	12	17	22	27	30	32	33	33	32	32	31	30	28	26	24	22	16	8	32	25	
SE	20	17	15	13	11	10	8	10	13	17	22	26	29	31	32	32	32	31	30	28	26	24	22	17	8	33	24		
S	19	17	15	13	11	9	8	7	6	6	7	9	12	16	20	24	27	29	29	27	26	24	22	19	6	29	30		
SW	28	25	22	19	16	14	12	10	9	8	8	8	10	12	16	21	27	32	36	38	38	37	34	31	21	8	38	30	
W	31	27	24	21	18	15	13	11	10	9	9	9	10	11	14	18	24	30	36	40	41	40	38	34	21	9	41	32	
NW	25	22	19	17	14	12	10	9	8	7	7	8	9	10	12	14	18	22	27	31	32	30	27	22	7	32	25		
Paredes grupo E																													
N	12	10	8	7	5	4	3	4	5	6	7	9	11	13	15	17	19	20	21	23	20	18	16	14	20	3	22	19	
NE	13	11	9	7	6	4	5	9	15	20	24	25	25	26	26	26	26	25	24	22	19	17	15	16	4	26	22		
E	14	12	10	8	6	5	6	11	18	26	33	36	38	37	36	34	33	32	30	28	25	22	20	17	13	5	38	33	
SE	15	12	10	8	7	5	5	8	12	19	25	31	35	37	37	36	34	33	31	28	26	23	20	17	15	5	37	32	
S	15	12	10	8	7	5	4	3	4	5	9	13	19	24	29	32	34	33	31	29	26	23	20	17	17	3	34	31	
SW	22	18	15	12	10	8	6	5	5	6	7	9	12	18	24	32	38	43	45	44	40	35	30	26	19	5	45	40	
W	26	21	17	14	11	9	7	6	6	6	7	9	11	14	20	27	36	43	49	49	45	40	34	29	20	6	49	43	
NW	20	17	14	11	9	7	6	5	5	5	6	8	10	13	16	20	26	32	37	38	36	32	28	24	20	5	38	33	
Paredes grupo F																													
N	8	6	5	3	2	1	2	4	6	7	9	11	14	17	19	21	22	23	24	23	20	16	13	11	19	1	24	25	
NE	9	7	5	3	2	1	5	14	23	28	30	29	28	27	27	27	27	26	24	22	19	16	13	11	11	1	30	29	
E	10	7	6	4	3	2	6	17	28	38	44	45	43	39	36	34	32	30	27	24	21	17	15	12	12	2	45	43	
SE	10	7	6	4	3	2	4	10	19	28	36	41	43	42	39	36	34	31	28	25	21	18	15	12	13	2	43	41	
S	10	8	6	4	3	2	1	3	7	13	20	27	34	38	39	38	35	31	26	22	18	15	12	16	1	39	38		
SW	15	11	9	6	5	3	2	2	4	5	8	11	17	26	35	44	50	53	52	45	37	28	23	18	18	2	53	51	
W	17	13	10	7	5	4	3	3	4	6	8	11	14	20	28	39	49	57	60	54	43	34	27	21	19	3	60	57	
NW	14	10	8	6	4	3	2	2	3	5	8	10	13	15	21	27	35	42	46	43	35	28	22	18	19	2	46	44	
Paredes grupo G																													
N	3	2	1	0	-1	2	7	8	9	12	15	18	21	23	24	24	25	26	22	15	11	9	7	5	18	-1	26	27	
NE	3	2	1	0	-1	9	27	36	39	35	30	26	26	27	27	26	25	22	18	14	11	9	7	5	9	-1	39	40	
E	4	2	1	0	-1	11	31	47	54	55	50	40	33	31	30	29	27	24	19	15	12	10	8	6	10	-1	55	56	
SE	4	2	1	0	-1	5	18	32	42	49	51	48	42	36	32	30	27	24	19	15	12	10	8	6	11	-1	51	52	
S	4	2	1	0	-1	0	1	5	12	22	31	39	45	46	43	37	31	25	20	15	12	10	8	5	14	-1	46	47	
SW	5	4	3	1	0	0	2	5	8	12	16	26	38	50	59	63	61	52	37	24	17	13	10	8	16	0	63	63	
W	6	5	3	2	1	1	2	5	8	11	15	19	27	41	56	67	72	67	48	29	20	15	11	8	17	1	72	71	
NW	5	3	2	1	0	0	2	5	8	11	15	18																	

Tabla 24 Diferentes grupos de construcción para paredes

Grupo No.	Descripción de la construcción	Peso, lb/ft <sup>2</sup>	Valor de U, BTU/(h-ft <sup>2</sup> -°F)	Capacidad calorífica, BTU/(ft <sup>2</sup> -°F)
<b>Ladrillo de vista de 4 in + (Ladrillo)</b>				
	C Espacio de aire + ladrillo de vista de 3 in	83	0.358	18.3
	D Ladrillo común de 4 in.	90	0.415	18.4
	C Aislamiento de 1 in o espacio de aire + ladrillo común de 4 in	90	0.174-0.301	18.4
	B Aislamiento de 2 in + ladrillo común de 4 in	88	0.111	18.5
	B Ladrillo común de 8 in	130	0.302	26.4
	A Aislamiento o espacio de aire + ladrillo común de 8 in	130	0.154-0.243	26.4
<b>Ladrillo de vista de 4 in + (Concreto pesado)</b>				
	C Espacio de aire + concreto de 2 in	94	0.350	19.7
	B Aislamiento de 2 in + concreto de 4 in	97	0.116	19.8
	A Espacio de aire o aislamiento + concreto de 8 in o más	143-190	0.110-0.112	29.1-38.4
<b>Ladrillo de vista de 4 in + (bloque de concreto ligero o pesado)</b>				
	E Bloque de 4 in	62	0.319	12.9
	D Espacio de aire o aislamiento + bloque de 4 in	62	0.153-0.246	12.9
	D Bloque de 8 in	70	0.274	15.1
	C Espacio de aire o aislamiento de 1 in + bloque de 6 u 8 in	73-89	0.221-0.275	15.5-18.5
	B Aislamiento de 2 in + bloque de 8 in	89	0.096-0.107	15.5-18.6
<b>Ladrillo de vista de 4 in + (azulejo de barro)</b>				
	D Azulejo de 4 in	71	0.381	15.1
	D Espacio de aire + azulejo de 4 in	71	0.281	15.1
	C Aislamiento + azulejo de 4 in	71	0.169	15.1
	C Azulejo de 8 in	96	0.275	19.7
	B Espacio de aire o aislamiento de 1 in + azulejo de 8 in	96	0.142-0.221	19.7
	A Aislamiento de 2 in + azulejo de 8 in	97	0.097	19.8
<b>Pared de concreto pesado + (acabado)</b>				
	E Concreto de 4 in	63	0.585	12.5
	D Concreto de 4 in + aislamiento de 1 o 2 in	63	0.119-0.200	12.5
	C Aislamiento de 2 in + concreto de 4 in	63	0.119	12.7
	C Concreto de 8 in	109	0.490	21.9
	B concreto de 8 in + aislamiento de 1 o 2 in	110	0.115-0.187	22.0
	A Aislamiento de 2 in + concreto de 8 in	110	0.115	21.9
	E Concreto de 12 in	156	0.421	31.2
	A Concreto de 12 in + aislamiento	156	0.113	31.3
<b>Bloque de concreto ligero y pesado + (acabado)</b>				
	F Bloque de 4 in + espacio de aire o aislamiento	29-36	0.161-0.263	5.7-7.2
	E Aislamiento de 2 in + bloque de 4 in	29-37	0.105-0.114	5.8-7.3
	E Bloque de 8 in	41-57	0.294-0.402	6.3-11.3
	D Concreto de 8 in + espacio de aire o aislamiento	41-57	0.149-0.173	8.3-11.3
<b>Azulejo de barro + (acabado)</b>				
	F Azulejo de 4 in	39	0.419	7.8
	F Azulejo de 4 in + espacio de aire	39	0.303	7.8
	E Azulejo de 4 in + aislamiento de 1 in	39	0.175	7.9
	D Aislamiento de 2 in + azulejo de 4 in	40	0.110	7.9
	D Azulejo de 8 in	63	0.296	12.5
	C Azulejo de 8 in + espacio de aire o aislamiento de 1 in	63	0.151-0.231	12.6
	B Aislamiento de 2 in + azulejo de 8 in	63	0.099	12.6
<b>Pared de lámina (cortina metálica)</b>				
	G Con o sin espacio de aire + 1, 2 o 3 in de aislamiento	5-6	0.091-0.230	0.7
<b>Pared de bastidor</b>				
	G Aislamiento de 1 a 3 in	16	0.081-0.178	3.2

Fuente: Edward Pita, 1994.

Tabla 25 Corrección del DTCE

Latitud	Mes	N	NNE NNW	NE NW	ENE WNW	E W	ESE WSW	SE SW	SSE SSW	S	HORA
0	Dic	-3	-5	-5	-5	-2	-0	3	6	9	-1
	Ene/Nov	-3	-5	-4	-4	-1	-0	2	4	7	-1
	Feb/Oct	-3	-2	-2	-2	-1	-1	0	-1	0	0
	Mar/Sept	-3	0	1	-1	-1	-3	-3	-5	-8	-1
	Abr/Ago	5	4	3	0	-2	-5	-6	-8	-8	-1
	May/Jul	10	7	5	0	-3	-7	-8	-9	-8	-1
	Jun	12	9	5	0	-3	-7	-9	-10	-8	-5
8	Dic	-4	-6	-6	-6	-3	0	4	8	12	-5
	Ene/Nov	-3	-5	-6	-5	-2	0	3	6	10	-4
	Feb/Oct	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-1
	Mar/Sept	-3	-2	-1	-1	-1	-2	-2	-3	-4	0
	Abr/Ago	2	2	2	0	-1	-4	-5	-7	-7	-1
	May/Jul	7	5	4	0	-2	-5	-7	-9	-7	-2
	Jun	9	6	4	0	-2	-6	-8	-9	-7	-2
16	Dic	-4	-6	-8	-8	-4	-1	4	9	13	-9
	Ene/Nov	-4	-6	-7	-7	-4	-1	4	8	12	-7
	Feb/Oct	-3	-5	-5	-4	-2	0	2	5	7	-4
	Mar/Sept	-3	-3	-2	-2	-1	-1	0	0	0	0
	Abr/Ago	-1	0	-1	-1	-1	-3	-3	-5	-6	0
	May/Jul	4	3	3	0	-1	-4	-5	-7	-7	0
	Jun	6	4	4	1	-1	-4	-6	-8	-7	0
24	Dic	-5	-7	-9	-10	-7	-3	3	9	13	-13
	Ene/Nov	-4	-6	-8	-9	-6	-3	3	9	13	-11
	Feb/Oct	-4	-5	-6	-6	-3	-1	3	7	10	-7
	Mar/Sept	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-3
	Abr/Ago	-2	-1	0	-1	-1	-2	-1	-2	-3	0
	May/Jul	1	2	2	0	0	-3	-3	-5	-6	1
	Jun	3	3	3	1	0	-3	-4	-6	-6	1
32	Dic	-5	-7	-10	-11	-8	-5	2	9	12	-17
	Ene/Nov	-5	-7	-9	-11	-8	-4	2	9	12	-15
	Feb/Oct	-4	-6	-7	-8	-4	-2	4	8	11	-10
	Mar/Sept	-3	-4	-4	-4	-2	-1	3	5	7	-5
	Abr/Ago	-2	-2	-1	-2	0	-1	0	1	1	-1
	May/Jul	1	1	1	0	0	-1	-1	-3	-3	1
	Jun	1	2	2	1	0	-2	-2	-4	-4	2
40	Dic	-6	-8	-10	-13	-10	-7	0	7	10	-21
	Ene/Nov	-5	-7	-10	-12	-9	-6	1	8	11	-19
	Feb/Oct	-5	-7	-8	-9	-6	-3	3	8	12	-14
	Mar/Sept	-4	-5	-5	-6	-3	-1	4	7	10	-4
	Abr/Ago	-2	-3	-2	-2	0	0	2	3	4	-1
	May/Jul	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Jun	1	1	1	0	1	0	0	-1	-1	1
48	Dic	-6	-8	-11	-14	-13	-10	-3	2	6	-25
	Ene/Nov	-6	-8	-11	-13	-11	-8	-1	5	8	-24
	Feb/Oct	-5	-7	-10	-11	-8	-5	1	8	11	-18
	Mar/Sept	-4	-6	-6	-7	-4	-1	4	8	11	-11
	Abr/Ago	-3	-3	-3	-3	-1	0	4	6	7	-5
	May/Jul	0	-1	0	0	1	1	3	3	4	0
	Jun	1	1	2	1	2	1	2	2	3	2
56	Dic	-7	-9	-12	-16	-16	-14	-9	-5	-3	-28
	Ene/Nov	-6	-8	-11	-15	-14	-12	-6	-1	2	-27
	Feb/Oct	-6	-8	-10	-12	-10	-7	0	6	9	-22
	Mar/Sept	-5	-6	-7	-8	-5	-2	4	8	12	-15
	Abr/Ago	-3	-4	-4	-4	-1	1	5	7	9	-8
	May/Jul	0	0	0	0	2	2	5	6	7	-2
	Jun	2	1	2	1	3	3	4	5	6	1

Fuente: Edward Pita, 1994.



Tabla 26 *Ganancias de calor por radiación solar a través de vidrio*

0 Grados										
	NNE/ N	NE/ NNW	ENE/ NW	E/ WNW	ESE/ W	SE/ WSW	SEE/ SW	SSW	S	HOR
En.	34	34	83	177	234	254	235	182	118	296
Feb.	36	39	132	205	245	247	210	141	67	306
Mar.	38	87	170	223	242	223	170	87	38	303
Abr.	71	134	193	224	221	184	118	38	37	284
May	113	164	203	218	201	154	80	37	37	265
Jun.	129	173	206	212	191	140	66	37	37	255
Jul.	115	164	201	213	195	149	77	38	38	260
Agos.	75	134	187	216	212	175	112	39	38	276
Sept.	40	84	153	213	231	213	163	84	40	293
Oct.	37	40	129	199	236	238	202	135	66	299
Nov.	35	35	88	175	230	250	230	179	117	293
Dic.	34	34	71	164	226	253	240	196	138	288

8 Grados										
	NNE/ N	NE/ NNW	ENE/ NW	E/ WNW	ESE/ W	SE/ WSW	SEE/ SW	SSW	S	HOR
En.	32	32	71	163	224	250	242	203	162	275
Feb.	34	34	114	193	239	248	219	165	110	294
Mar.	37	67	156	215	241	230	184	110	55	300
Abr.	44	117	184	221	225	195	134	53	39	285
May	74	146	198	220	209	167	97	39	38	277
Jun.	90	155	200	217	200	141	82	39	39	269
Jul.	77	145	195	215	204	162	93	40	39	272
Agos.	47	117	179	214	216	186	128	51	41	282
Sept.	38	66	149	205	230	219	176	107	56	290
Oct.	35	35	112	187	231	239	211	160	108	288
Nov.	33	33	71	161	220	245	233	200	160	273
Dic.	31	31	55	149	215	246	247	215	179	265

16 Grados										
	NNE/ N	NE/ NNW	ENE/ NW	E/ WNW	ESE/ W	SE/ WSW	SEE/ SW	SSW	S	HOR
En.	30	30	55	147	21	244	251	223	199	248
Feb.	33	33	96	180	231	247	233	188	154	275
Mar.	35	53	140	205	239	235	197	138	93	291
Abr.	39	99	172	216	227	204	150	77	45	289
May	52	132	189	218	215	179	115	45	41	282
Jun.	66	142	194	217	207	167	99	41	41	277
Jul.	55	132	187	214	210	174	111	44	42	277
Agos.	41	100	168	209	219	196	143	74	46	282
Sept.	36	50	134	196	227	224	191	134	93	282
Oct.	33	33	95	174	223	237	225	183	150	270
Nov.	30	30	55	145	206	241	247	220	196	246
Dic.	29	29	41	132	198	241	254	233	212	234

24 Grados										
	NNE/ N	NE/ NNW	ENE/ NW	E/ WNW	ESE/ W	SE/ WSW	SEE/ SW	SSW	S	HOR
En.	27	27	41	128	190	240	253	241	227	214
Feb.	30	30	80	165	220	244	243	213	192	249
Mar.	34	45	124	195	234	237	214	168	137	275
Abr.	37	88	159	209	228	212	169	107	75	283
May	43	117	178	214	218	190	132	67	46	282
Jun.	55	127	184	214	212	179	117	55	43	279
Jul.	45	116	176	210	213	185	129	65	46	278
Agos.	38	87	156	203	220	204	162	103	72	277
Sept.	35	42	119	185	222	225	206	163	134	266
Oct.	31	31	79	159	211	237	235	207	187	244
Nov.	27	27	42	126	187	236	249	237	224	213
Dic.	26	26	29	1112	180	234	247	247	237	199

Fuente: Edward Pita, 1994.

Tabla 27 Coeficiente de sombreado de vidrio

	Tipo de vidrio	Espesor nominal de cada vidrio claro <sup>a</sup>	Transmisión solar <sup>b</sup>	Sin sombreado interior $k_g = 4.0$	Tipo de sombreado interior				
					Persianas venecianas		Persianas enrollables		
					Medio	Claro	Opacas	Claro	Translúcidas
VIDRIO SENCILLO	Sencillo								
	Claro	3/32 a 1/4	0.87-0.80	1.00					
	Claro	1/4 a 1/2	0.80-0.71	0.94					
	Claro	3/8	0.72	0.90	0.64	0.55	0.59	0.25	0.39
	Claro	1/2	0.67	0.87					
	Claro con figuras	1/8 a 9/32	0.87-0.79	0.83					
	Absorbente de calor, con figuras <sup>c</sup>	1/8		0.83					
	Absorbente de calor <sup>c</sup>	3/16 a 1/4	0.46	0.69					
	Absorbente de calor, con figuras	3/16 a 1/4		0.69	0.57	0.53	0.45	0.30	0.36
	Coloreado	1/8 a 7/32	0.59-0.45	0.69					
	Absorbente de calor, o con figuras		0.44-0.30	0.60	0.54	0.52	0.40	0.28	0.32
	Absorbente de calor <sup>c</sup>	3/8	0.34	0.60					
	Absorbente de calor, o con figuras		0.44-0.30	0.53	0.42	0.40	0.36	0.28	0.31
Vidrio recubierto reflector	1/2	0.24	0.30	0.25	0.23				
			0.40	0.33	0.29				
			0.50	0.42	0.38				
			0.60	0.50	0.44				
VIDRIO AISLANTE	Doble <sup>d</sup>								
	Claro afuera	3/32, 1/8	0.71 <sup>e</sup>	0.88	0.57	0.51	0.60	0.25	0.37
	Claro adentro								
	Claro afuera	1/4	0.61 <sup>e</sup>	0.81					
	Claro adentro								
	Absorbente de calor afuera	1/4	0.36 <sup>e</sup>	0.55					
	Claro adentro			0.20	0.39	0.36	0.40	0.22	0.30
Vidrio recubierto reflector			0.30	0.19	0.18				
			0.40	0.27	0.26				
				0.34	0.33				
Triple	Claro	1/4		0.71					
	Claro	1/8		0.80					

Fuente: Edward Pita, 1994.

Tabla 28 Factor de carga de enfriamiento para vidrio sin sombreado

FCE

Latitud norte.	Ventana viendo hacia él	Construcción del recinto	Hora solar, h																							
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	L		0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.33	0.42	0.48	0.56	0.63	0.71	0.76	0.80	0.82	0.82	0.79	0.80	0.84	0.61	0.48	0.38	0.31	0.25	0.20
	M		0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.34	0.41	0.46	0.52	0.59	0.65	0.70	0.73	0.75	0.76	0.74	0.75	0.79	0.61	0.50	0.42	0.36	0.31	0.27
	H		0.25	0.23	0.21	0.20	0.19	0.38	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.69	0.72	0.73	0.72	0.70	0.70	0.74	0.57	0.46	0.39	0.34	0.31	0.28
NE	L		0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.23	0.41	0.51	0.51	0.45	0.39	0.36	0.33	0.31	0.28	0.26	0.23	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05
	M		0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.21	0.36	0.44	0.45	0.40	0.36	0.33	0.31	0.30	0.28	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08
	H		0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.23	0.37	0.44	0.44	0.39	0.34	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
E	L		0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.19	0.37	0.51	0.57	0.57	0.51	0.42	0.36	0.32	0.29	0.25	0.22	0.19	0.14	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05
	M		0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.18	0.33	0.44	0.50	0.51	0.45	0.39	0.35	0.32	0.29	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08
	H		0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.21	0.34	0.45	0.50	0.49	0.43	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10
SE	L		0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.13	0.28	0.43	0.55	0.62	0.63	0.57	0.48	0.42	0.37	0.33	0.28	0.24	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07
	M		0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.14	0.26	0.38	0.48	0.54	0.55	0.51	0.45	0.40	0.36	0.33	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10
	H		0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.17	0.28	0.40	0.49	0.53	0.53	0.48	0.41	0.36	0.33	0.30	0.27	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12
S	L		0.08	0.07	0.05	0.04	0.04	0.06	0.09	0.14	0.22	0.34	0.48	0.59	0.65	0.65	0.59	0.50	0.43	0.36	0.28	0.22	0.18	0.15	0.12	0.10
	M		0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.08	0.11	0.14	0.21	0.31	0.42	0.52	0.57	0.58	0.53	0.47	0.41	0.36	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14
	H		0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.12	0.14	0.17	0.24	0.33	0.43	0.51	0.56	0.55	0.50	0.43	0.38	0.32	0.26	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15
SW	L		0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.24	0.36	0.49	0.60	0.66	0.66	0.58	0.43	0.33	0.27	0.22	0.18	0.14
	M		0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.23	0.33	0.44	0.53	0.58	0.59	0.53	0.41	0.33	0.28	0.24	0.21	0.18
	H		0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.13	0.14	0.16	0.17	0.19	0.25	0.34	0.44	0.52	0.56	0.56	0.49	0.37	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17
W	L		0.12	0.10	0.08	0.07	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.13	0.14	0.20	0.32	0.45	0.57	0.64	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14
	M		0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.19	0.29	0.40	0.50	0.56	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
	H		0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.13	0.14	0.15	0.16	0.21	0.30	0.40	0.49	0.54	0.52	0.38	0.30	0.24	0.21	0.18	0.16
NW	L		0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.19	0.23	0.33	0.47	0.59	0.60	0.43	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14
	M		0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13	0.14	0.16	0.17	0.18	0.21	0.30	0.42	0.51	0.53	0.39	0.32	0.26	0.22	0.19	0.16
	H		0.14	0.12	0.11	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.19	0.19	0.22	0.30	0.41	0.50	0.51	0.36	0.29	0.23	0.20	0.17	0.15
HORA	L		0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.07	0.14	0.24	0.36	0.48	0.58	0.66	0.72	0.74	0.73	0.67	0.59	0.47	0.37	0.30	0.24	0.19	0.16	0.13
	M		0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.11	0.16	0.24	0.33	0.43	0.52	0.59	0.64	0.67	0.66	0.62	0.55	0.47	0.38	0.32	0.28	0.24	0.21	0.18
	H		0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.15	0.20	0.27	0.36	0.45	0.52	0.59	0.62	0.64	0.62	0.58	0.51	0.42	0.35	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19

Fuente: Edward Pita, 1994.

Tabla 29 Factor de carga de enfriamiento para vidrio con sombreado

FCR con sombreado interior

Latitud norte.	Ventana viendo hacia él	Construcción del recinto	Hora solar, h																							
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	L		0.07	0.05	0.04	0.04	0.05	0.70	0.65	0.65	0.74	0.81	0.87	0.91	0.91	0.88	0.84	0.77	0.80	0.92	0.27	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08
	M		0.08	0.07	0.06	0.06	0.07	0.73	0.66	0.65	0.73	0.80	0.86	0.89	0.89	0.86	0.82	0.75	0.78	0.91	0.24	0.18	0.15	0.13	0.11	0.09
	H		0.09	0.09	0.08	0.07	0.09	0.75	0.67	0.66	0.74	0.80	0.86	0.89	0.88	0.85	0.80	0.73	0.76	0.88	0.23	0.17	0.14	0.13	0.11	0.10
NE	L		0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.55	0.76	0.75	0.60	0.39	0.31	0.28	0.27	0.25	0.23	0.20	0.16	0.12	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02
	M		0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.56	0.76	0.74	0.58	0.37	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.16	0.12	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
	H		0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.57	0.77	0.74	0.58	0.36	0.28	0.26	0.25	0.23	0.21	0.19	0.16	0.11	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
E	L		0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.45	0.71	0.80	0.77	0.64	0.43	0.29	0.25	0.23	0.20	0.17	0.14	0.10	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02
	M		0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.47	0.72	0.80	0.76	0.62	0.41	0.27	0.24	0.22	0.20	0.17	0.14	0.11	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
	H		0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.48	0.72	0.80	0.75	0.61	0.40	0.25	0.22	0.21	0.19	0.16	0.14	0.10	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
SE	L		0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.29	0.56	0.74	0.82	0.81	0.70	0.52	0.35	0.30	0.26	0.22	0.18	0.13	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03
	M		0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.30	0.56	0.74	0.81	0.79	0.68	0.49	0.33	0.28	0.25	0.22	0.18	0.13	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04
	H		0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.31	0.57	0.74	0.81	0.79	0.67	0.48	0.31	0.27	0.23	0.20	0.17	0.13	0.07	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05
S	L		0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.08	0.15	0.22	0.37	0.58	0.75	0.84	0.82	0.71	0.53	0.37	0.29	0.20	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04
	M		0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.09	0.16	0.22	0.38	0.58	0.75	0.83	0.80	0.68	0.50	0.35	0.27	0.19	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05
	H		0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.11	0.17	0.24	0.39	0.59	0.75	0.82	0.79	0.67	0.49	0.33	0.26	0.18	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05
SW	L		0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.06	0.10	0.13	0.16	0.18	0.22	0.38	0.59	0.76	0.84	0.83	0.72	0.48	0.18	0.13	0.11	0.08	0.07	0.06
	M		0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.07	0.11	0.14	0.16	0.19	0.22	0.38	0.59	0.75	0.83	0.81	0.69	0.45	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
	H		0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.08	0.12	0.15	0.18	0.20	0.23	0.39	0.59	0.75	0.82	0.80	0.68	0.43	0.14	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06
W	L		0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.05	0.08	0.11	0.13	0.14	0.15	0.17	0.30	0.53	0.72	0.83	0.83	0.63	0.19	0.14	0.11	0.08	0.07	0.06
	M		0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16	0.17	0.31	0.53	0.72	0.82	0.81	0.61	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
	H		0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.07	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.18	0.31	0.54	0.71	0.81	0.80	0.59	0.15	0.11	0.09	0.07	0.06	0.06
NW	L		0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.06	0.10	0.13	0.16	0.19	0.20	0.21	0.22	0.30	0.52									

Tabla 30 *Ganancias de calor por ocupantes*

Actividad	Aplicaciones típicas	Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h
Sentado en reposo	Teatro, cine	115	400	100	100	350	90	60	210	55	40	140	30
Sentado, trabajo muy ligero, escritura	Oficinas, hoteles, apartamentos	140	480	120	120	420	105	65	230	55	55	190	50
Sentado, comiendo	Restaurante	150	520	130	170	580	145	75	255	60	95	325	80
Sentado, trabajo ligero, mecanografía	Oficinas, hoteles, apartamentos	185	640	160	150	510	130	75	255	60	75	255	65
Parado, trabajo ligero o camina despacio	Tiendas minoristas, bancos	235	800	200	185	640	160	90	315	80	95	325	80
Trabajo ligero de banco	Fábricas	255	880	220	230	780	195	100	345	90	130	435	110
Caminando 3 mph trabajo ligero	Fábricas	305	1040	260	305	1040	260	100	345	90	205	695	170
trabajo con máquinas pesadas	Fábricas	350	1200	300	280	960	240	100	345	90	180	615	150
Boliche		350	1200	300	280	960	240	100	345	90	180	615	150
Baile moderado	Salón de baile	400	1360	340	375	1280	320	120	405	100	255	875	220
Trabajo pesado, trabajo con máquinas pesadas, levantar pesas	Fábricas	470	1600	400	470	1600	400	165	565	140	300	1035	260
Trabajo pesado, ejercicios atléticos	Gimnasios	585	2000	500	525	1800	450	185	635	160	340	1165	290

Fuente: Edward Pita, 1994.

Tabla 31 Coeficiente global  $U$  de transferencia de calor

Construcción	Valor de $U$ en BTU/h-ft <sup>2</sup> -°F	
	Verano	Invierno
<b>PAREDES</b>		
Marco con laterales de madera, recubrimiento y acabado interior		
Sin aislamiento	.21	.23
Aislamiento R-7 (2 a 2 1/2 in)	.09	.09
Aislamiento R-11 (3 a 3 1/2 in)	.07	.07
Marco con ladrillo de 4 in o acabado de piedra, recubrimiento y acabado interior		
Sin aislamiento	.24	.24
Aislamiento R-7	.09	.09
Aislamiento R-11	.07	.07
Marco con estuco de 1 in, recubrimiento y acabado interior		
Sin aislamiento	.29	.29
Aislamiento R-7	.10	.10
Aislamiento R-11	.07	.07
Mampostería:		
Block de concreto de 8 in, sin acabados	.49	.51
Block de concreto de 12 in, sin acabados	.45	.47
Mampostería (block de concreto de 8 in):		
Acabados interiores:		
tablero aplanado de yeso (1/2 in); sin aislamiento	.29	.30
tablero aplanado con respaldo de hoja (1/2 in); sin aislamiento	.29	.30
tablero aislante de poliestireno de 1 in (R-5); y tablero de yeso de 1/2 in	.13	.13
Mampostería (block de 8 in de ceniza o tabique cerámico hueco):		
Acabado interior:		
tablero de pared de yeso aplanado (1/2 in); sin aislamiento	.25	.25
tablero de pared de yeso aplanado con respaldo de hoja (1/2 in); sin aislamiento	.17	.17
tablero aislante (R-5) de poliestireno de 1 in tablero de yeso aplanado de 1/2 in.	.12	.12
Mampostería (ladrillo de vista de 4 in y bloque de cenizas de 8 in o tabique cerámica de 8 in hueco):		
Acabado interior:		
tablero de pared de yeso aplanado (1/2 in); sin aislamiento	.22	.22
tablero de pared de yeso aplanado con respaldo de hoja (1/2 in); sin aislamiento	.15	.16
tablero aislante (R-5) de poliestireno de 1 in, y tablero de yeso aplanado de 1/2 in	.12	.12
Mampostería (tabique hueco de cerámica de 12 in o bloque de cenizas de 12 in):		
Acabado interior:		
tablero aplanado de yeso (1/2 in); sin aislamiento	.24	.24
tablero aplanado de yeso con respaldo de hoja (1/2 in); sin aislamiento	.16	.17
tablero aislante de poliestireno de 1 in (R-5), y tablero aplanado de yeso de 1/2 in	.12	.12
Mampostería (ladrillo de vista de 4 in, ladrillo común de 4 in):		
Acabado interior:		
tablero aplanado de yeso (1/2 in); sin aislamiento	.28	.28
tablero aplanado de yeso con respaldo de hoja (1/2 in); sin aislamiento	.18	.18
tablero aislante de poliestireno de 1 in (R-5) y tablero aplanado de yeso de 1/2 in	.13	.13
Mampostería (Concreto de 8 in, o Piedra de 8 in.):		
Acabado interior:		
tablero aplanado de yeso (1/2 in); sin aislamiento	.33	.34
tablero aplanado de yeso con respaldo de hoja (1/2 in) sin aislamiento	.21	.21
tablero aislante de poliestireno de 1 in (R-5) y tablero aplanado de yeso de 1/2 in.	.14	.14
Metal con recubrimiento interior vitrílico, R-7 (bloque de fibra de vidrio de 3 in)	.14	.14
<b>PARTICIONES</b>		
Marco (tablero aplanado de yeso de 1/2 in sólo de un lado):		
Sin aislamiento	.55	.55
Marco (tablero aplanado de yeso de 1/2 in a ambos lados):		
Sin aislamiento	.31	.31
Aislamiento R-11	.08	.08
Mampostería (bloque de cenizas de 4 in):		
Sin aislamiento, sin acabados	.40	.40
Sin aislamiento, tablero aplanado de yeso de 1/2 in de un lado		
Sin aislamiento, tablero aplanado de yeso de 1/2 in a ambos lados	.26	.26
Tablero aislante de poliestireno de 1 in (R-5) y tablero aplanado de yeso de 1/2 in, ambos sólo de un lado	.19	.19
	.13	.13

Fuente: Edward Pita, 1994.

Tabla 32 *Continuación coeficiente global U de transferencia de calor*

Construcción	Valor de U en BTU/h-ft <sup>2</sup> -°F	
	Verano	Invierno
<b>CIELOS Y PISOS</b>		
Marco (piso de loseta asfáltica, triplay de 5/8 in, contrapiso de madera de 25/32 in, cielo raso terminado); Flujo de calor hacia arriba	.23	.23
Flujo de calor hacia abajo	.20	.19
Concreto (piso de loseta asfáltica, cubierta de concreto de 4 in, espacio de aire, cielo raso terminado); Flujo de calor hacia arriba	.34	.33
Flujo de calor hacia abajo	.26	.25
<b>TECHO (techo plano, sin cielo raso)</b>		
Cubierta de acero:		
Sin aislamiento	.64	.86
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.23	.25
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.15	.16
Cubierta de madera de 1 in:		
Sin aislamiento	.40	.48
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.19	.21
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.12	.13
Cubierta de madera de 2.5 in:		
Sin aislamiento	.25	.26
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.15	.16
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.10	.11
Cubierta de madera de 4 in:		
Sin aislamiento	.17	.18
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.12	.12
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.09	.09
<b>TECHO Y CIELO RASO (techo plano, cielo raso terminado)</b>		
Cubierta de acero:		
Sin aislamiento	.33	.40
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.17	.19
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.12	.13
Cubierta de madera de 1 in:		
Sin aislamiento	.26	.29
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.15	.16
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.11	.11
Cubierta de madera de 2.5 in:		
Sin aislamiento	.18	.20
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.12	.13
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.09	.10
Cubierta de madera de 4 in:		
Sin aislamiento	.14	.15
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.10	.10
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.08	.08
Cubierta de concreto ligero de 4 in:		
Sin aislamiento	.14	.15
Cubierta de concreto ligero de 6 in:		
Sin aislamiento	.10	.11
Cubierta de concreto ligero de 8 in:		
Sin aislamiento	.08	.09
Cubierta de concreto normal de 2 in:		
Sin aislamiento	.32	.38
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.17	.19
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.11	.12
Cubierta de concreto normal de 4 in:		
Sin aislamiento	.30	.36
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.16	.18
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.11	.12
Cubierta de concreto normal de 6 in:		
Sin aislamiento	.28	.33
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.16	.17
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.11	.12

Fuente: Edward Pita, 1994.

Tabla 33 Continuación coeficiente global  $U$  de transferencia de calor

Construcción	Valor de $U$ en BTU/h-ft <sup>2</sup> -°F	
	Verano	Invierno
TECHO - CIELO RASO (techo inclinado, marco de madera, cielo terminado en largueros) Sin aislamiento Aislamiento R-19 (5 1/2 a 6 1/2 in)	.28 .05	.29 .05
TECHO-TAPANCO-CIELO RASO (tapanco con ventilación natural) Sin aislamiento Aislamiento R-19 (5 1/2 a 6 1/2 in)	.15 .04	.29 .05
PISOS		
Piso sobre espacio no acondicionado, sin cielo raso Marco de madera: Sin aislamiento Aislamiento R-7 (2 a 2 1/2 in)	.33 .09	.27 .08
Cubierta de concreto: Sin aislamiento Aislamiento R-7	.59 .10	.43 .09
PUERTAS		
Madera maciza: de 1 in de espesor de 1 1/2 in de espesor de 2 in de espesor	.61 .47 .42	.64 .49 .43
Acero: de 1 1/2 in de espesor con relleno de lana mineral de 1 1/2 in de espesor con relleno de poliestireno de 1 1/2 in de espesor con relleno de espuma de uretano	.58 .46 .39	.59 .47 .40

Fuente: Edward Pita, 1994.

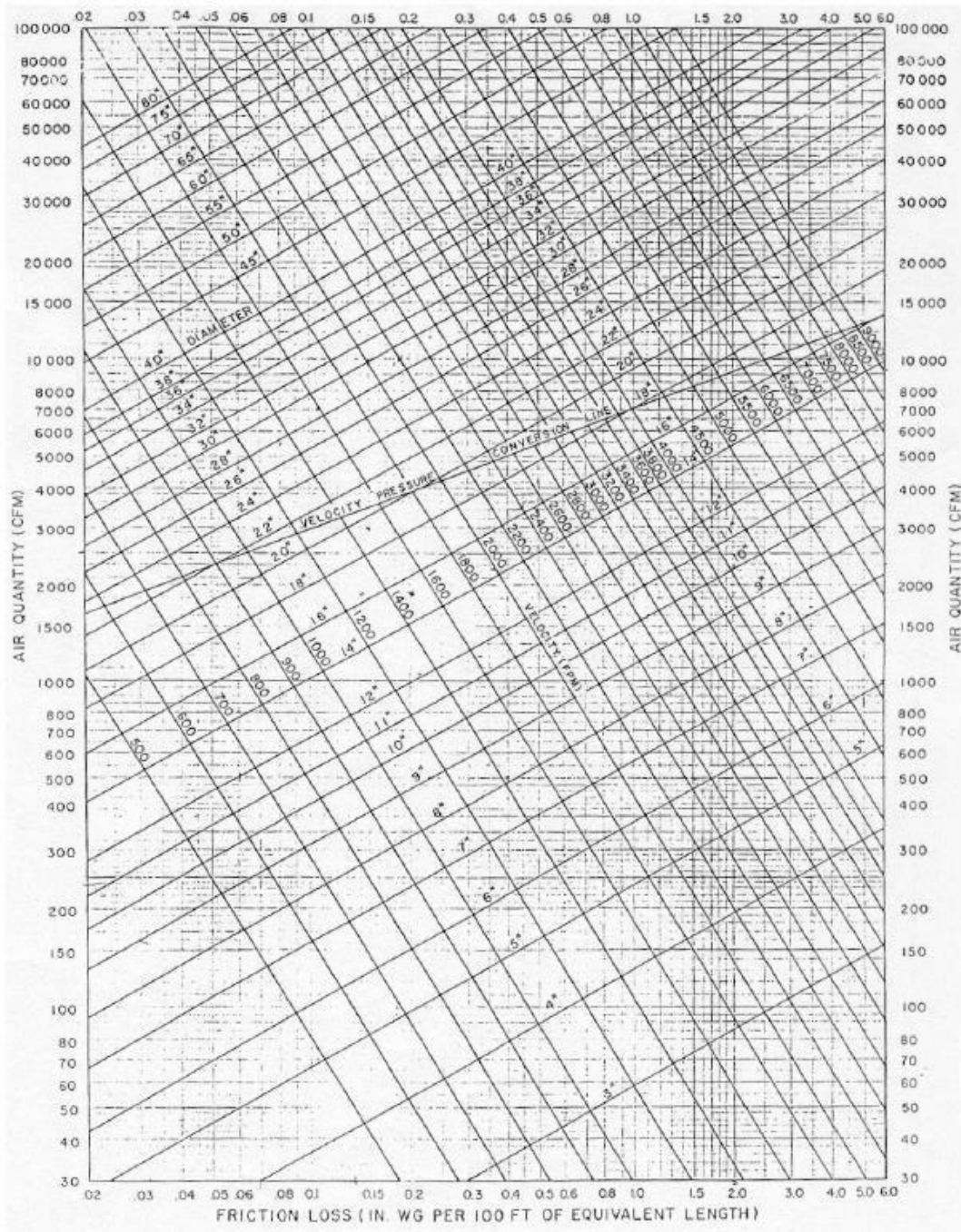
Tabla 34 *Porcentajes de área de ducto para mantener fricción constante*

CFM CAPACITY %	DUCT AREA %	CFM CAPACITY %	DUCT AREA %	CFM CAPACITY %	DUCT AREA %	CFM CAPACITY %	DUCT AREA %
1	2.0	26	33.5	51	59.0	76	81.0
2	3.5	27	34.5	52	60.0	77	82.0
3	5.5	28	35.5	53	61.0	78	83.0
4	7.0	29	36.5	54	62.0	79	84.0
5	9.0	30	37.5	55	63.0	80	84.5
6	10.5	31	39.0	56	64.0	81	85.5
7	11.5	32	40.0	57	65.0	82	86.0
8	13.0	33	41.0	58	65.5	83	87.0
9	14.5	34	42.0	59	66.5	84	87.5
10	16.5	35	43.0	60	67.5	85	88.5
11	17.5	36	44.0	61	68.0	86	89.5
12	18.5	37	45.0	62	69.0	87	90.0
13	19.5	38	46.0	63	70.0	88	90.5
14	20.5	39	47.0	64	71.0	89	91.5
15	21.5	40	48.0	65	71.5	90	92.0
16	23.0	41	49.0	66	72.5	91	93.0
17	24.0	42	50.0	67	73.5	92	94.0
18	25.0	43	51.0	68	74.5	93	94.5
19	26.0	44	52.0	69	75.5	94	95.0
20	27.0	45	53.0	70	76.5	95	96.0
21	28.0	46	54.0	71	77.0	96	96.5
22	29.5	47	55.0	72	78.0	97	97.5
23	30.5	48	56.0	73	79.0	98	98.0
24	31.5	59	57.0	74	80.0	99	99.0
25	32.5	50	58.0	75	80.5	100	100.0

Fuente: Manual para aire acondicionado de Carrier.



Tabla 35 Pérdidas por fricción en ductos redondos



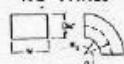

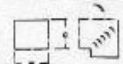
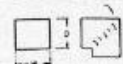
Fuente: Manual para aire acondicionado de Carrier.

Tabla 36 Diámetro y área equivalentes para ductos rectangulares

SIDE	6		8		10		12		14		16		18		20		22	
	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.
10	.39	8.4	.52	9.8	.65	10.9												
12	.45	9.1	.62	10.7	.77	11.9	.94	13.4										
14	.52	9.8	.72	11.5	.91	12.9	1.09	14.2	1.28	15.3								
16	.59	10.4	.81	12.2	1.02	13.7	1.24	15.1	1.45	16.3	1.67	17.5						
18	.66	11.0	.91	12.9	1.15	14.5	1.40	16.0	1.63	17.3	1.87	18.5	2.12	19.7				
20	.72	11.5	.99	13.5	1.26	15.2	1.54	16.8	1.81	18.2	2.07	19.5	2.34	20.7	2.61	21.9		
22	.78	12.0	1.08	14.1	1.38	15.9	1.69	17.6	1.99	19.1	2.27	20.4	2.57	21.7	2.86	22.9	3.17	24.1
24	.84	12.4	1.16	14.6	1.50	16.6	1.83	18.3	2.14	19.8	2.47	21.3	2.78	22.6	3.11	23.9	3.43	25.1
26	.89	12.8	1.26	15.2	1.61	17.2	1.97	19.0	2.31	20.6	2.66	22.1	3.01	23.5	3.35	24.8	3.71	26.1
28	.95	13.2	1.33	15.6	1.71	17.7	2.09	19.6	2.47	21.3	2.86	22.9	3.25	24.4	3.60	25.7	4.00	27.1
30	1.01	13.6	1.41	16.1	1.82	18.3	2.22	20.2	2.64	22.0	3.06	23.7	3.46	25.2	3.89	26.7	4.27	28.0
32	1.07	14.0	1.48	16.5	1.93	18.8	2.36	20.8	2.81	22.7	3.25	24.4	3.68	26.0	4.12	27.5	4.55	28.9
34	1.13	14.4	1.58	17.0	2.03	19.3	2.49	21.4	2.96	23.3	3.43	25.1	3.89	26.7	4.37	28.3	4.81	29.7
36	1.18	14.7	1.65	17.4	2.14	19.8	2.61	21.9	3.11	23.9	3.63	25.8	4.09	27.4	4.58	29.0	5.07	30.5
38	1.23	15.0	1.73	17.8	2.25	20.3	2.76	22.5	3.27	24.5	3.80	26.4	4.30	28.1	4.84	29.8	5.37	31.4
40	1.28	15.3	1.81	18.2	2.33	20.7	2.88	23.0	3.43	25.1	3.97	27.0	4.52	28.8	5.07	30.5	5.62	32.1
42	1.33	15.6	1.86	18.5	2.43	21.1	2.98	23.4	3.57	25.6	4.15	27.6	4.71	29.4	5.31	31.2	5.86	32.8
44	1.38	15.9	1.95	18.9	2.52	21.5	3.11	23.9	3.71	26.1	4.33	28.2	4.90	30.0	5.55	31.9	6.12	33.5
46	1.43	16.2	2.01	19.2	2.61	21.9	3.22	24.3	3.88	26.7	4.49	28.7	5.10	30.6	5.76	32.5	6.37	34.2
48	1.48	16.5	2.09	19.6	2.71	22.3	3.35	24.8	4.03	27.2	4.65	29.2	5.30	31.2	5.97	33.1	6.64	34.9
50			2.16	19.9	2.81	22.7	3.46	25.2	4.15	27.6	4.84	29.8	5.51	31.8	6.19	33.7	6.87	35.5
52			2.22	20.2	2.91	23.1	3.57	25.6	4.30	28.1	5.00	30.3	5.72	32.4	6.41	34.3	7.14	36.0
54			2.29	20.5	2.98	23.4	3.71	26.1	4.43	28.5	5.17	30.8	5.90	32.9	6.64	34.9	7.38	36.8
56			2.38	20.9	3.09	23.8	3.83	26.5	4.55	28.9	5.31	31.2	6.08	33.4	6.87	35.5	7.62	37.4
58			2.43	21.1	3.19	24.2	3.94	26.9	4.68	29.3	5.48	31.7	6.26	33.9	7.06	36.0	7.87	38.0
60			2.50	21.4	3.27	24.5	4.06	27.3	4.84	29.8	5.65	32.2	6.50	34.5	7.26	36.5	8.12	38.6
64			2.64	22.0	3.46	25.2	4.24	27.9	5.10	30.6	5.91	33.1	6.87	35.5	7.71	37.6	8.59	39.7
68					3.63	25.8	4.49	28.7	5.37	31.4	6.26	33.9	7.18	36.3	8.12	38.6	9.03	40.7
72					3.83	26.5	4.71	29.4	5.69	32.3	6.60	34.8	7.54	37.2	8.50	39.5	9.52	41.8
76					4.09	27.4	4.91	30.0	5.86	32.8	6.83	35.4	7.95	38.2	8.90	40.4	9.98	42.8
80					4.15	27.6	5.17	30.8	6.15	33.6	7.22	36.4	8.29	39.0	9.21	41.1	10.4	43.8
84							5.41	31.5	6.41	34.5	7.54	37.2	8.55	39.6	9.75	42.3	10.8	44.6
88							5.58	32.0	6.64	34.9	7.87	38.0	8.94	40.5	10.1	43.1	11.2	45.4
92							5.79	32.6	6.91	35.6	8.12	38.6	9.39	41.5	10.4	43.8	11.7	46.3
96							5.90	33.0	7.14	36.2	8.40	39.2	9.70	42.1	10.8	44.5	12.1	47.2
100									7.40	36.9	8.50	39.5	9.80	42.5	11.3	45.5	12.3	47.6
104									7.60	37.4	8.90	40.5	10.3	43.5	11.6	46.2	13.0	48.8
108									7.90	38.0	9.20	41.2	10.6	44.0	12.0	47.0	13.4	49.6
112									8.10	38.6	9.50	41.8	10.9	44.7	12.3	47.5	13.8	50.3
116											9.80	42.4	11.3	45.5	12.6	48.1	14.3	51.3
120											10.0	42.8	11.5	46.0	13.1	49.1	14.4	51.5
124											10.3	43.5	11.9	46.7	13.4	49.6	15.0	52.4
128											10.6	44.1	12.1	47.1	13.8	50.4	15.5	53.3
132													12.5	47.9	14.1	50.9	15.8	53.9
136													12.8	48.5	14.5	51.6	16.2	54.5
140													13.0	48.8	14.7	52.0	16.5	55.0
144													13.3	49.4	15.2	52.9	16.8	55.6

Fuente: Manual para aire acondicionado de Carrier.

Tabla 37 Fricción en codos

DUCT DIMENSIONS (in.)		RADIUS ELBOW NO VANES 	RADIUS ELBOW—WITH VANES‡		SQUARE ELBOWS‡			
								
W	D	Radius Ratio† R/D = 1.25	R <sub>1</sub> = 6" (Recommended)		R <sub>1</sub> = 3" (Acceptable)			
<b>ADDITIONAL EQUIVALENT LENGTH OF STRAIGHT DUCT (FT)</b>								
			Vaner		Vaner			
28	28	13	14	2	17	2	14	34
	24	13	17	1	15	2	13	30
	20	12	15	1	13	2	12	25
	16	10	11	1	11	2	10	20
	12	8			11	1	8	15
	10	7			9	1	7	12
	8	6			8	1	6	10
24	96*	38	19	3			23	80
	72*	32	17	3			21	72
	48*	22	20	2	20	3	18	62
	24	13	16	1	14	2	12	30
	20	11	13	1	12	2	10	25
	16	10	11	1	10	2	9	20
	12	8			10	1	8	15
	10	7			8	1	7	12
	8	6			7	1	6	10
	6	5					4	8
20	80*	32	16	3			19	66
	60*	26	19	2			17	58
	40*	22	15	2	14	3	14	49
	20	11	12	1	10	2	10	25
	16*	9	9	1	9	2	8	20
	12	7			9	1	7	15
	10	6			8	1	6	12
	8	5			7	1	5	10
	6	4					4	8
16	64*	26	9	3			14	48
	48*	21	12	2	12	3	12	43
	32*	15	11	2	9	3	11	38
	16	9	8	1	8	2	7	20
	12	7			8	1	6	15
	10	6			6	1	5	12
	8	5			6	1	5	10
	6	4					4	8
12	48*	19	8	2	8	3	10	33
	36*	16	7	2	7	3	9	30
	24*	11	8	1	8	2	8	26
	12	7			7	1	5	15
	10	6			5	1	5	12
	8	5			5	1	4	10
	6	4					3	8
10	40*	19	6	2	6	3	8	27
	30*	13	6	2	8	2	7	24
	20*	9	7	1	6	2	6	21
	10	5			5	1	4	12
	8	4			5	1	4	10
	6	4					3	8
8	32*	13	5	2	4	3	6	21
	24*	11	6	1	5	2	6	19
	16*	8	4	1	5	2	5	16
	8	4			4	1	3	10
	6	3					3	8
6	24*	10	4	1	4	2	4	15
	18*	8	3	1	4	2	4	13
	12*	6			4	1	3	11
	6	3					3	8

Fuente: Manual para aire acondicionado de Carrier.

Tabla 38 *Parámetros de diseño en ventilación para los diversos recintos*Table 3-3 *Ventilation Design Parameters*

Function of Space	Pressure Relationship to Adjacent Areas (n)	Minimum Outdoor ACH, ach	Minimum Total ACH, ach	All Room Air Exhausted Directly to Outdoors (j)	Air Recirculated by Means of Room Units (a)	RH (k) (%)	Design Temperature (l), (°F/°C)
<b>SURGERY AND CRITICAL CARE</b>							
Class B and C Operating room, (m),(n) (o)	Positive	4	20	N/R	No	20-60	68-75/20-24
Operating/surgical cystoscopic rooms, (m), (n) (o)	Positive	4	20	N/R	No	20-60	68-75/20-24
Delivery room (Caesarean) (m),(n), (o)	Positive	4	20	N/R	No	20-60	68-75/20-24
Substerile service area	N/R	2	6	N/R	No	N/R	N/R
Recovery room	N/R	2	6	N/R	No	30-60	70-75/21-24
Critical and intensive care	N/R	2	6	N/R	No	30-60	70-75/21-24
Intermediate case (s)	N/R	2	6	N/R	N/R	max 60	70-75/21-24
Wound Intensive Care (Burn Unit)	N/R	2	6	N/R	No	40-60	70-75/21-24
Newborn intensive care	Positive	2	6	N/R	No	30-60	72-78/22-26
Treatment room (p)	N/R	2	6	N/R	N/R	20-60	70-75/21-24
Trauma room (crisis or shock) (c)	Positive	3	15	N/R	No	20-60	70-75/21-24
Medical/Anesthesia gas storage (r)	Negative	N/R	8	Yes	N/R	N/R	N/R
Laser Eye Room	Positive	3	15	N/R	No	20-60	70-75/21-24
ER Waiting Rooms (q)	Negative	2	12	Yes	N/R	max 65	70-75/21-24
Triage (q)	Negative	2	12	Yes	N/R	max 60	70-75/21-24
ER Decontamination	Negative	2	12	Yes	No	N/R	N/R
Radiology waiting rooms (q), (w)	Negative	2	12	Yes	N/R	max 60	70-75/21-24
Class A Operating/Procedure room (o) (d)	Positive	3	15	N/R	No	20-60	70-75/21-24
<b>INPATIENT NURSING</b>							
Patient room (s)	N/R	2	6	N/R	N/R	max 60	70-75/21-24
Toilet room	Negative	N/R	10	Yes	No	N/R	N/R
Newborn nursery suite	N/R	2	6	N/R	No	30-60	72-78/22-26
Protective environment room (t)	Positive	2	12	N/R	No	max 60	70-75/21-24
All room (u)	Negative	2	12	Yes	No	max 60	70-75/21-24
Combination All/PE room	Positive	2	12	Yes	No	max 60	70-75/21-24
All anteroom (u)	(e)	N/R	10	Yes	No	N/R	N/R
PE anteroom (t)	(e)	N/R	10	N/R	No	N/R	N/R
Combination All/PE anteroom	(e)	N/R	10	Yes	No	N/R	N/R
Labor/delivery/recovery/postpartum (LDRP) (s)	N/R	2	6	N/R	N/R	max 60	70-75/21-24
Labor/delivery/recovery (LDR) (s)	N/R	2	6	N/R	N/R	max 60	70-75/21-24
Patient Corridor	N/R	N/R	2	N/R	N/R	N/R	N/R
Nourishment are or room	N/R	N/R	2	N/R	N/R	N/R	N/R

Fuente: ASHRAE Hospital Book.

Tabla 39 *Continuación con los parámetros de ventilación*Table 3-3 *Ventilation Design Parameters*  
– continued –

Function of Space	Pressure Relationship to Adjacent Areas (n)	Minimum Outdoor ACH, ach	Minimum Total ACH, ach	All Room Air Exhausted Directly to Outdoors (j)	Air Recirculated by Means of Room Units (a)	RH (k) (%)	Design Temperature (l), (°F/°C)
<b>NURSING FACILITY</b>							
Resident Room	N/R	2	2	N/R	N/R	N/R	70-75/21-24
Resident Gathering/Activity/Dining	N/R	4	4	N/R	N/R	N/R	70-75/21-24
Physical Therapy	Negative	2	6	N/R	N/R	N/R	70-75/21-24
Occupational Therapy	N/R	2	6	N/R	N/R	N/R	70-75/21-24
Bathing Room	Negative	N/R	10	Yes	N/R	N/R	70-75/21-24
<b>RADIOLOGY (v)</b>							
X-ray (diagnostic and treatment)	N/R	2	6	N/R	N/R	max 60	72-78/22-26
X-ray (surgery/critical care and catheterization)	Positive	3	15	N/R	No	max 60	70-75/21-24
Darkroom(g)	Negative	2	10	Yes	No	N/R	N/R
<b>DIAGNOSTIC AND TREATMENT</b>							
Dialysis treatment area	N/R	2	6	N/R	N/R	N/R	72-78/22-26
Dialyzer reprocessing room	Negative	N/R	10	Yes	No	N/R	N/R
Nuclear medicine hot lab	Negative	N/R	6	Yes	No	N/R	70-75/21-24
Nuclear medicine treatment room	Negative	2	6	Yes	N/R	N/R	70-75/21-24
Bronchoscopy, sputum collection, and pentamidine administration (n)	Negative	2	12	Yes	No	N/R	68-73/20-23
Laboratory, general (v)	Negative	2	6	N/R	N/R	N/R	70-75/21-24
Laboratory, bacteriology (v)	Negative	2	6	Yes	N/R	N/R	70-75/21-24
Laboratory, biochemistry (v)	Negative	2	6	Yes	N/R	N/R	70-75/21-24
Laboratory, cytology (v)	Negative	2	6	Yes	N/R	N/R	70-75/21-24
Laboratory, glasswashing	Negative	2	10	Yes	N/R	N/R	N/R
Laboratory, histology (v)	Negative	2	6	Yes	N/R	N/R	70-75/21-24
Laboratory, microbiology (v)	Negative	2	6	Yes	N/R	N/R	70-75/21-24
Laboratory, nuclear medicine (v)	Negative	2	6	Yes	N/R	N/R	70-75/21-24
Laboratory, pathology (v)	Negative	2	6	Yes	N/R	N/R	70-75/21-24
Laboratory, serology (v)	Negative	2	6	Yes	N/R	N/R	70-75/21-24
Laboratory, sterilizing	Negative	2	10	Yes	N/R	N/R	70-75/21-24
Laboratory, media transfer (v)	Positive	2	4	N/R	N/R	N/R	70-75/21-24
Autopsy room (n)	Negative	2	12	Yes	No	N/R	68-75/20-24
Nonrefrigerated body-holding room (h)	Negative	N/R	10	Yes	No	N/R	70-75/21-24
Pharmacy (b)	Positive	2	4	N/R	N/R	N/R	N/R

Fuente: ASHRAE Hospital Book.

Tabla 40 Resistencia térmicas de materiales aislantes y de construcción

Descripción	Densidad lb/ft <sup>3</sup>	Resistencia (R)	
		Por pulgada	Por espesor nominal
<b>UNIDADES DE MAMPOSTERÍA</b>			
Ladrillo común .....	120	0.20	--
Ladrillo de vista .....	130	0.11	--
Loseta cerámica, hueca:			
1 celda de fondo ..... 3 in	--	--	0.80
1 celda de fondo ..... 4 in	--	--	1.11
2 celdas de fondo ..... 6 in	--	--	1.52
2 celdas de fondo ..... 8 in	--	--	1.85
2 celdas de fondo ..... 10 in	--	--	2.22
3 celdas de fondo ..... 12 in	--	--	2.50
Blocks de concreto, tres huecos ovalados:			
Agregado de arena y grava ..... 4 in	--	--	0.71
..... 8 in	--	--	1.11
..... 12 in	--	--	1.28
Agregado de cenizas ..... 3 in	--	--	0.86
..... 4 in	--	--	1.11
..... 8 in	--	--	1.72
..... 12 in	--	--	1.89
Agregado ligero ..... 3 in	--	--	1.27
(pizarra expandida o normal, arcilla o ..... 4 in	--	--	1.50
escoria; piedra pómez) ..... 8 in	--	--	2.00
..... 12 in	--	--	2.27
Blocks de concreto, núcleo rectangular,			
Agregado de arena y grava			
2 huecos, 8 in, 36 lb. ....	--	--	1.04
El mismo con los huecos rellenos .....	--	--	1.93
Agregado ligero (pizarra expandida, arcilla,			
pizarra normal o cenizas, piedra pómez):			
3 huecos, 6 in 19 lb. ....	--	--	1.65
El mismo con huecos rellenos .....	--	--	2.99
2 huecos, 8 in, 24 lb. ....	--	--	2.18
El mismo con huecos rellenos .....	--	--	5.03
3 huecos, 12 in, 38 lb. ....	--	--	2.48
El mismo con huecos rellenos .....	--	--	5.82
Piedra, caliza o arena .....	--	0.08	--
Loseta de partición con yeso:			
3 x 12 x 30 in, maciza .....	--	--	1.26
3 x 12 x 30 in, 4 células .....	--	--	1.35
4 x 12 x 30 in 3 células .....	--	--	1.67
<b>MATERIALES DE ENYESADO</b>			
Cemento blanco con agregado de arena .....	118	0.20	--
Agregado de arena ..... 0.375 in	--	--	0.80
Agregado de arena ..... 0.75 in	--	--	0.15
Yeso:			
Agregado ligero ..... 0.5 in	45	--	0.32
Agregado ligero ..... 0.625 in	45	--	0.39
Agregado ligero sobre listón metálico ..... 0.75 in	--	--	0.47
Agregado de perlita .....	45	0.67	--
Agregado de arena .....	105	0.18	--
Agregado de arena ..... 0.5 in	105	--	0.09
Agregado de arena ..... 0.625 in	105	--	0.11
Agregado de arena sobre listón metálico ..... 0.75 in	--	--	0.13
Agregado de vermiculita .....	45	0.59	--
<b>TECHO</b>			
Tejas de asbesto cemento .....	120	--	0.21
Techado de asfalto .....	70	--	0.15
Tejas asfálticas .....	70	--	0.44
Techo armado ..... 0.375 in.	70	--	0.33
Pizarra, arcilla ..... 0.5 in.	--	--	0.05
Tejas de madera, simples y con acabado de película			
de plástico .....	--	--	0.94

Fuente: Edward Pita, 1994.

Tabla 41 Coeficiente global U de transferencia de calor para componentes de edificación

Construcción	Valor de U en BTU/h-ft <sup>2</sup> -°F	
	Verano	Invierno
<b>CIELOS Y PISOS</b>		
Marco (piso de loseta asfáltica, triplay de 5/8 in, contrapiso de madera de 25/32 in, cielo raso terminado):		
Flujo de calor hacia arriba	.23	.23
Flujo de calor hacia abajo	.20	.19
Concreto (piso de loseta asfáltica, cubierta de concreto de 4 in, espacio de aire, cielo raso terminado):		
Flujo de calor hacia arriba	.34	.33
Flujo de calor hacia abajo	.26	.25
<b>TECHO (techo plano, sin cielo raso)</b>		
Cubierta de acero:		
Sin aislamiento	.64	.66
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.23	.25
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.15	.16
Cubierta de madera de 1 in:		
Sin aislamiento	.40	.48
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.19	.21
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.12	.13
→ Cubierta de madera de 2.5 in:		
Sin aislamiento	.25	.28
Aislamiento de 1 in (R-2.78) ←	.15	.16
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.10	.11
Cubierta de madera de 4 in:		
Sin aislamiento	.17	.18
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.12	.12
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.09	.09
<b>TECHO Y CIELO RASO (techo plano, cielo raso terminado)</b>		
Cubierta de acero:		
Sin aislamiento	.33	.40
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.17	.19
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.12	.13
Cubierta de madera de 1 in:		
Sin aislamiento	.26	.29
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.15	.16
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.11	.11
Cubierta de madera de 2.5 in:		
Sin aislamiento	.18	.20
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.12	.13
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.09	.10
Cubierta de madera de 4 in:		
Sin aislamiento	.14	.15
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.10	.10
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.08	.08
Cubierta de concreto ligero de 4 in:		
Sin aislamiento	.14	.15
Cubierta de concreto ligero de 6 in:		
Sin aislamiento	.10	.11
Cubierta de concreto ligero de 8 in:		
Sin aislamiento	.08	.09
Cubierta de concreto normal de 2 in:		
Sin aislamiento	.32	.38
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.17	.19
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.11	.12
Cubierta de concreto normal de 4 in:		
Sin aislamiento	.30	.36
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.16	.18
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.11	.12
Cubierta de concreto normal de 6 in:		
Sin aislamiento	.28	.33
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.16	.17
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.11	.12

Tabla 42 *Continuación de coeficiente global U de transferencia de calor para componentes de edificación*

Construcción	Valor de U en BTU/h-ft <sup>2</sup> -F	
	Verano	Invierno
TECHO - CIELO RASO (techo inclinado, marco de madera, cielo terminado en largueros)		
Sin aislamiento	.28	.29
Aislamiento R-19 (5 1/2 a 6 1/2 in)	.05	.05
TECHO-TAPANCO-CIELO RASO (tapanco con ventilación natural)		
Sin aislamiento	.15	.29
Aislamiento R-19 (5 1/2 a 6 1/2 in)	.04	.05
<b>PISOS</b>		
Fiso sobre espacio no acondicionado, sin cielo raso		
Marco de madera:		
Sin aislamiento	.33	.27
Aislamiento R-7 (2 a 2 1/2 in)	.09	.08
Cubierta de concreto:		
Sin aislamiento	.59	.43
Aislamiento R-7	.10	.09
<b>PUERTAS</b>		
Madera maciza:		
de 1 in de espesor	.61	.64
de 1 1/2 in de espesor	.47	.49
de 2 in de espesor	.42	.43
Acero:		
de 1 1/2 in de espesor con relleno de lana mineral	.58	.59
de 1 1/2 in de espesor con relleno de poliestireno	.46	.47
de 1 1/2 in de espesor con relleno de espuma de uretano	.39	.40

Fuente: Edward Pita, 1994.



Tabla 43 Coeficiente global  $U$  para vidrio

Paneles verticales (ventanas exteriores, puertas corredizas de vidrio y particiones) Vidrio plano, tragaluz y lámina de plástico				Paneles horizontales — vidrio plano, tragaluz y domos de plástico			
Descripción	Invierno	Exterior Verano	Interior	Descripción	Invierno	Exterior Verano	Interior
Vidrio plano vidrio sencillo	1.10	1.04	0.73	Vidrio plano vidrio sencillo	1.23	0.83	0.96
vidrio aislante - doble espacio de aire de 1/4" <sup>a</sup>	0.58	0.61	0.49	vidrio aislante — doble espacio de aire de 1/4" <sup>a</sup>	0.65	0.54	0.59
espacio de aire de 1/2" <sup>b</sup>	0.49	0.56	0.46	espacio de aire de 1/2" <sup>b</sup>	0.59	0.49	0.56
espacio de aire de 1/2" <sup>c</sup> , recubrimiento de baja emisión <sup>d</sup>				espacio de aire de 1/2" <sup>c</sup> , recubrimiento de baja emisión <sup>d</sup>			
e = 0.20	0.32	0.38	0.32	e = 0.20	0.48	0.38	0.39
e = 0.40	0.38	0.45	0.38	e = 0.40	0.42	0.42	0.45
e = 0.60	0.43	0.51	0.42	e = 0.60	0.56	0.46	0.50
Vidrio aislante - triple <sup>d</sup>				Tragaluz <sup>e</sup>			
Espacio de aire de 1/4" <sup>a</sup>	0.39	0.44	0.38	11 x 11 x 3 in espesor con divisor de cavidad	0.53	0.35	0.44
espacio de aire de 1/2" <sup>b</sup>	0.31	0.39	0.30	12 x 12 x 4 in espesor con divisor de cavidad	0.51	0.34	0.42
ventanas dobles espacio de aire de 1" a 4" <sup>a</sup>	0.50	0.50	0.44	Domos de plástico <sup>f</sup>			
Lámina de plástico sencilla				de pared sencilla	1.15	0.80	--
1/8" espesor	1.06	0.98	--	de pared doble	0.70	0.46	--
1/4" espesor	0.96	0.89	--	Factores de ajuste para paneles verticales y horizontales			
1/2" espesor	0.81	0.76	--	Descripción	Vidrio sencillo	Vidrio doble o triple	Ventanas dobles
unidad aislante - doble				Ventanas			
espacio de aire de 1/4" <sup>a</sup>	0.55	0.56	--	Todas de vidrio	1.00	1.00	1.00
espacio de aire de 1/2" <sup>b</sup>	0.43	0.45	--	Marco de madera - 80% vidrio	0.90	0.95	0.90
Tragaluz <sup>g</sup>				Marco de madera - 60% vidrio	0.80	0.85	0.80
6 x 6 x 4 in espesor	0.60	0.57	0.46	Marco de metal - 80% vidrio	1.00	1.20 <sup>h</sup>	1.20 <sup>h</sup>
8 x 8 x 4 in espesor	0.56	0.54	0.44	Ventanas y puertas corredizas de vidrio	0.95	1.00	--
— con divisor del hueco	0.48	0.46	0.38	Marco de madera	1.00	1.10 <sup>h</sup>	--
12 x 12 x 4 in espesor	0.52	0.50	0.41	Marco de metal			
— con divisor del hueco	0.44	0.42	0.36				
12 x 12 x 2 in espesor	0.60	0.57	0.46				

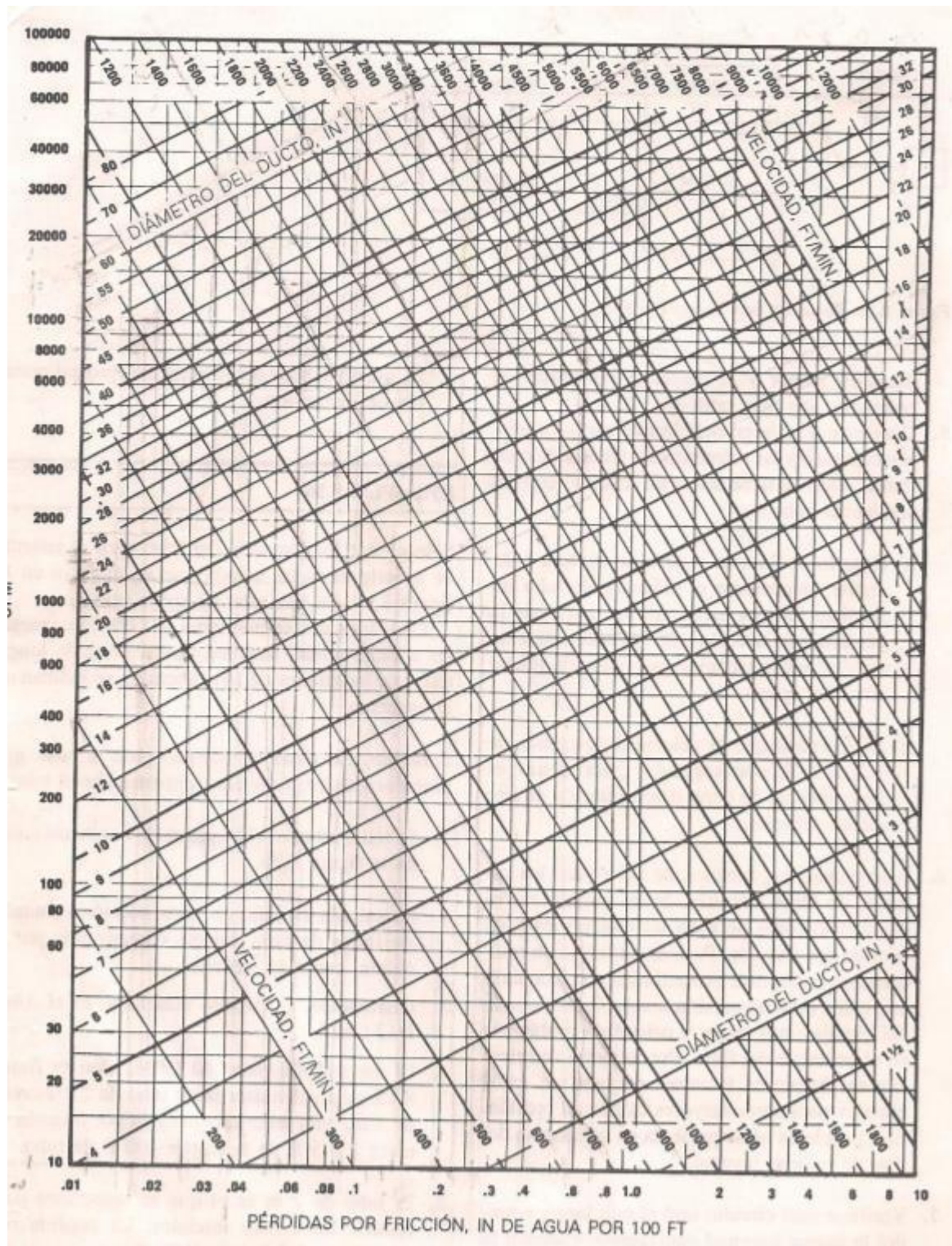
Fuente: Edward Pita, 1994.

Tabla 44 *Condiciones exteriores de diseño*

Localidad, Estados Unidos	Lat., Grados	Grados Día	BS 97.5%	Coinc. 2.5% BS	BH	Rango Diario de BS	BH 2.5%
ALABAMA							
Birmingham	33	2550	21	94	75	21	77
Montgomery	32	2290	25	95	76	21	79
ALASKA							
Anchorage	61	10860	-18	68	58	15	59
Fairbanks	64	14280	-47	78	60	24	62
ARIZONA							
Phoenix	33	1770	34	107	71	27	75
Tucson	32	1800	32	102	66	26	71
ARKANSAS							
Little Rock	34	3220	20	96	77	22	79
CALIFORNIA							
Los Angeles	34	1350	40	89	70	20	71
Sacramento	38	2420	32	98	70	36	71
San Diego	32	1460	44	80	69	12	70
San Francisco	37	3000	40	71	62	14	62
COLORADO							
Denver	39	6280	1	91	59	28	63
CONNECTICUT							
Hartford	41	6240	7	88	73	22	75
DELAWARE							
Wilmington	39	4930	14	89	74	20	76
D.C.							
Washington	38	4220	17	91	74	18	77
FLORIDA							
Miami	25	210	47	90	77	15	79
Tampa	28	680	40	91	77	17	79
GEORGIA							
Atlanta	33	2960	22	92	74	19	76
Savannah	32	1820	27	93	77	20	79
HAWAII							
Honolulu	21	0	63	86	73	12	75
IDAHO							
Boise	43	5810	10	94	64	31	66
ILLINOIS							
Chicago	41	5880	2	91	74	15	77
Springfield	39	5430	2	92	74	21	77
INDIANA							
Indianapolis	39	5700	2	90	74	22	76
South Bend	41	6440	1	89	73	22	75
IOWA							
Des Moines	41	6590	-5	91	74	23	77
Dubuque	42	7380	-7	88	73	22	75

Fuente: Edward Pita, 1994.

Tabla 45 *Pérdidas por fricción para flujo de aire en ductos redondos*



Fuente: Edward Pita, 1994.

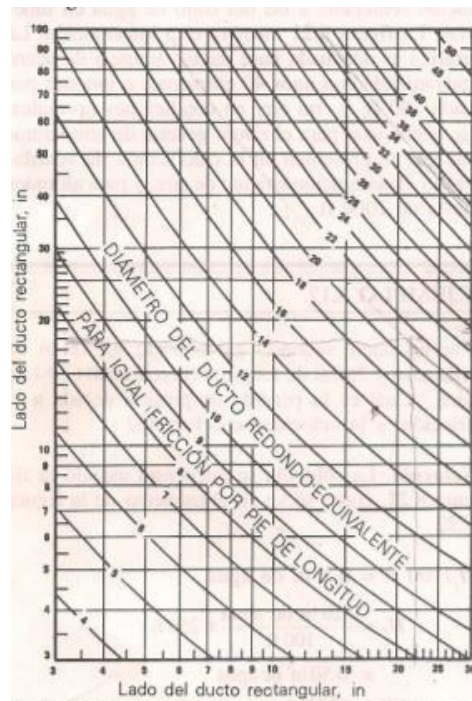
Tabla 46 *Diámetros de ductos redondos equivalentes*

Figura 8.23. Diámetros de ductos redondos equivalentes.

Fuente: Edward Pita, 1994.

Tabla 47 *Velocidades sugeridas*

TABLA 8.11. VELOCIDADES SUGERIDAS EN SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE CON BAJA VELOCIDAD

Componente	Velocidades recomendadas, ft/min			Velocidades máximas, ft/min		
	Residencias	Escuelas, teatros, edificios públicos	Construcciones industriales	Residencias	Escuelas, teatros, edificios públicos	Construcciones industriales
Entradas de aire exterior <sup>a</sup>	500	500	500	800	900	1200
Filtros <sup>a</sup>	250	300	350	300	350	350
Serpentines de calentamiento <sup>a</sup>	450	500	600	500	600	700
Lavadores de aire	500	500	500	500	500	500
Conexiones de succión	700	800	1000	900	1000	1400
Descargas de ventilador	1000-1600	1300-2000	1600-2400	1700	1500-2200	1700-2800
Ductos principales	700-900	1000-1300	1200-1800	800-1200	1100-1600	1300-2200
Ductos de ramal	600	600-900	800-1000	700-1000	800-1300	1000-1800
Subidas de ramal	500	600-700	800	650-800	800-1200	1000-1600

<sup>a</sup> Estas velocidades son para toda la superficie de la cara, y no la superficie libre. Las demás velocidades son para superficie libre neta.  
Reproducido con permiso del "1967 Systems And Equipment ASHRAE Handbook & Product Directory"

Fuente: Edward Pita, 1994.

